



Fondo Europeo para la
Pesca (FEP)



Consejería de Agricultura y Agua (CARM) Dirección
General de Ganadería y Pesca Servicio de Pesca y
Acuicultura



Centro Oceanográfico de Murcia
Instituto Español de Oceanografía



Federación de Actividades Subacuáticas de la
Región de Murcia

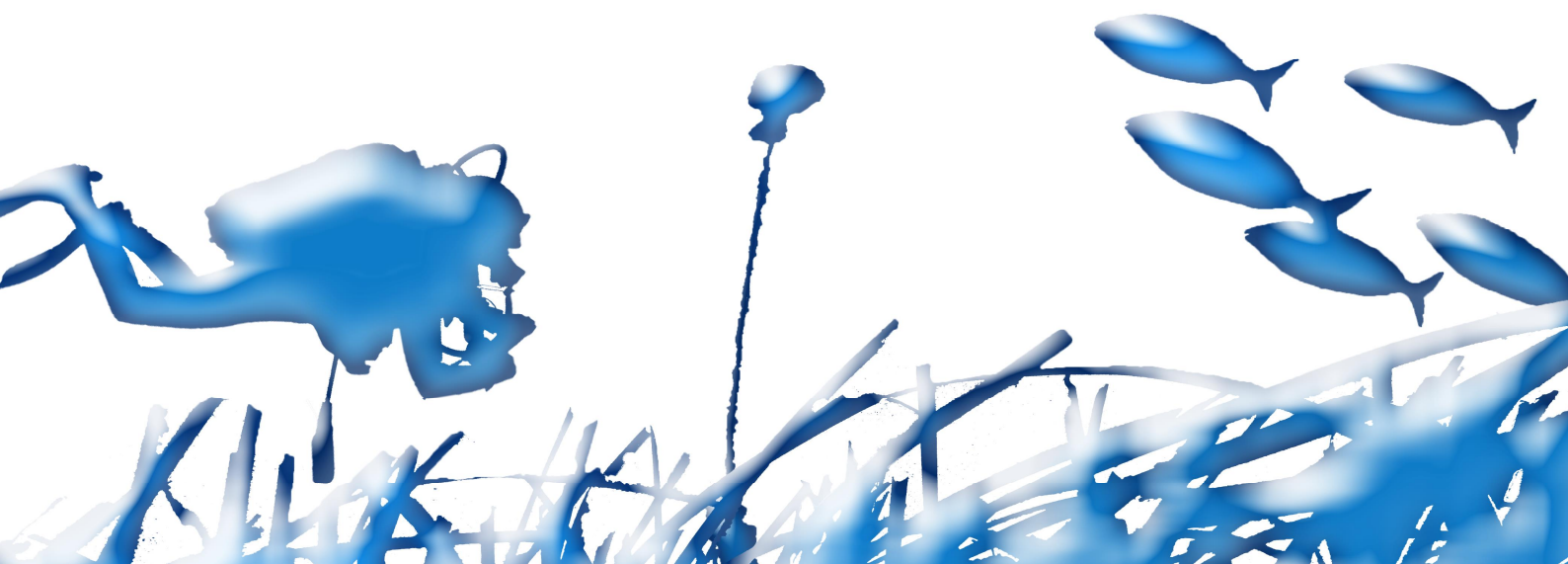


Asociación de Centros de Buceo
de la Región de Murcia



GRUPO DE ECOLOGÍA DE ANGIOSPERMAS MARINAS (GEAM)
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Red de Seguimiento de las praderas de *Posidonia oceanica* de la Región de Murcia 2014



Informe anual del proyecto:
Red de seguimiento de las praderas de *Posidonia
oceanica* en la Región de Murcia

Proyecto Financiado por:

Servicio de Pesca y Acuicultura. Dirección General de Gandería y Pesca.
Conserjería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma
de la Región de Murcia

Fondo Europeo de la Pesca (FEP)

Proyecto POSINET. Instituto Español de Oceanografía.

Diciembre 2013

Citar este documento como:

Ruiz, J.M., Belando Torrentes, M.D., García Muñoz, R., Baulaz, Y., Ramos Segura, A.
(2013). **Informe anual del proyecto: red de seguimiento *Posidonia oceanica*
de la Región de Murcia (2004-2013)**. Instituto Español de Oceanografía, Centro
Oceanográfico de Murcia, Murcia, 122 pp.

EQUIPO DE TRABAJO 2013

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO)
GRUPO DE ECOLOGÍA DE ANGIOSPERMAS MARINAS (GEAM)
Centro Oceanográfico de Murcia (COMU)

Juan M. Ruiz Fernández (Dirección y Coordinación)
Rocío García Muñoz
Yoann Baulaz
Maria Dolores Belando Torrentes
Aránzazu Ramos Segura

ENTIDADES COLABORADORAS

ASOCIACIÓN DE CENTROS DE BUCEO DE LA REGIÓN DE MURCIA
FEDERACIÓN DE ACTIVIDADES SUBACUÁTICAS DE LA REGIÓN DE MURCIA
C.B. PLANETA AZUL
C.B. ATURA
C.B. ISLAS HORMIGAS
C.B. RIVEMAR
C.B. ÁGUILAS
C.B. LA ALMADRABA
C.B. ESTRELLA SUB
C.B. VILLA DE SAN PEDRO
C.B. NARANJITO
C.B. MUNDO ACTIVO SUB
C.B. ZOEÁ ÁGUILAS
C.B. MARSOPA
CLUB CORMORÁN
TAXON ESTUDIOS AMBIENTALES S.L.
OCEANO ALFA
NAVE KA
CASCO ANTIGUO
BUCEO X
C.B. HESPÉRIDES

ÍNDICE

	PÁGINA
1.- PRESENTACION	5
2.- ANTECEDENTES	5
3.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	6
4.- ESTRUCTURA DEL INFORME. NOVEDADES DE LA EDICIÓN DE 2013	12
5.- ESTADO Y TENDENCIA DE LAS PRADERAS DE P. OCEANICA	13
5.1. Red de seguimiento: planteamiento general	13
5.2. Hipótesis general	13
5.3. Puesta en marcha del proyecto	15
5.4. Red de estaciones de muestreo y plan de trabajo	15
5.5. Descriptores del estado y tendencias de las praderas	16
5.5.1 Descriptores del estado de las praderas	16
5.5.2. Evolución temporal (2004-2013)	18
5.6. Formación de los voluntarios	20
5.7. Control de la calidad de los datos	21
5.8. Resultados 2013	22
5.8.1 Descriptores del estado actual de las praderas	23
5.8.2 Evolución temporal de las praderas de Posidonia	43
5.8.3 Diagnóstico del estado actual y tendencia de las praderas	95
5.8.4 Síntesis y valoración general de resultados	110
6. FLORACIÓN EN LAS PRADERAS DE POSIDONIA OCEANICA DE LA REGIÓN DE MURCIA EN 2013	114
6.1. Introducción y objetivos	114
6.2. Metodología	116
6.3. Resultados	117
6.4. Discusión-conclusión	117
7. DISTRIBUCIÓN Y DISPERSIÓN DEL ALGA INVASORA CAULERPA RACEMOSA EN EL LITORAL DE LA REGIÓN DE MURCIA	119
7.1. Introducción y objetivos	119
7.2. Metodología	121
7.3. Resultados y discusión	122
7.3.1. Dispersión geográfica: evolución y situación actual.	122
7.3.2. Evolución temporal de <i>C. racemosa</i> dentro y fuera de la pradera	123
7.3.3 <i>Discusión general: interacción entre C. racemosa y P. oceanica</i>	126
8. CONCLUSIONES GENERALES	127
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
ANEXOS	
I. <i>Red local de sensores sumergibles de temperatura</i>	133
II. <i>Difusión</i>	137
III. <i>Listado de buceadores voluntarios</i>	139
IV. <i>Dossier fotográfico</i>	141

1. PRESENTACIÓN

La presente iniciativa surge como una respuesta a la creciente preocupación de colectivos científicos, ciudadanos y gestores por el progresivo deterioro de las praderas de *Posidonia oceanica* por la actividad humana y sus consecuencias medioambientales y económicas para el ecosistema marino costero del Mediterráneo. El Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia inició en **2004** un programa a largo plazo para el establecimiento y seguimiento de una **red de vigilancia de las praderas de *Posidonia oceanica* en la Región de Murcia**. De acuerdo con su carácter continuado en el tiempo, el mencionado Servicio suscribió ha suscrito cada año un convenio con el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y la Federación de Actividades Subacuáticas de la Región de Murcia (FASRM). En **2012** dicho convenio no pudo ser realizado, pero el proyecto y sus actividades sobrevivieron y han continuado su curso gracias a los medios propios del **IEO** (desde el **Centro Oceanográfico de Murcia**), los medios propios del **Servicio de Pesca y Acuicultura de la CARM**, el apoyo de los centros de buceo de la **Asociación de Centros de Buceo de la Región de Murcia** (y especialmente a los centros **RIVEMAR, ISLAS HORMIGAS, PLANETA AZUL** y **HESPÉRIDES**, que pusieron a disposición del proyecto su logística, buen hacer y apoyo incondicional) y, como no, gracias al apoyo de numerosos **buceadores voluntarios** expertos y veteranos que, como los centros de buceo, han hecho suyo el proyecto y le inyectan la dosis de entusiasmo que en estos duros tiempos nos hace más falta que nunca. En 2013 se recupera la financiación y se incorpora una nueva dimensión al proyecto: el cambio climático.

2. ANTECEDENTES

Esta iniciativa es pionera en el litoral de la Región de Murcia, pero no en el litoral Mediterráneo. La primera vez que se puso en funcionamiento un proyecto de estas características en España fue en el litoral catalán en el año 1998 y fue llevado a cabo por el Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona. El proyecto se inspira en la experiencia desarrollada durante la década de los 80 por investigadores franceses del *GIS Posidonie*,¹ cuya primera iniciativa fue, precisamente, la creación en 1984 de una red de 33 estaciones para el seguimiento biológico de *P. oceanica* a lo largo del litoral Mediterráneo francés. El equipo catalán pone en marcha el proyecto con un doble objetivo: integrar “acción y educación ambiental en un proyecto común” a la vez que obtener datos científicos sobre la evolución a largo plazo de estos valiosos e insustituibles ecosistemas de nuestras costas. Para ello se introduce un elemento altamente novedoso: la participación de buceadores deportivos en tareas de seguimiento científico. El éxito de esta fórmula contagia a científicos y gestores de otras Comunidades Autónomas del litoral mediterráneo dando lugar posteriormente a proyectos idénticos en la Generalitat Valenciana, en las Islas Baleares y la Región de Murcia, desde 2004, siendo Andalucía la última región del Mediterráneo español que se adhiere a este proyecto en el año 2011 en el marco del proyecto LIFE+ Posidonia Andalucía (<http://www.lifeposidoniandalucia.es/es/index.aspx>). Todas estas redes autonómicas se aglutinan dentro de un proyecto común denominado POSIMED (<http://www.posimed.org/>) que persigue la coordinación de las actividades de seguimiento y la formación de una red a nivel nacional con más de 100 estaciones de seguimiento en el litoral Mediterráneo español.

¹ GIS Posidonie: Groupement d'intérêt scientifique pour l'étude de l'environnement marin (<http://www.com.univ-mrs.fr/gisposi/>)

3. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Posidonia oceanica es una angiosperma marina endémica del Mediterráneo, es decir una planta superior con hojas, flores y frutos, semejante a las plantas terrestres que todos conocemos, pero que vive permanentemente sumergida entre la superficie y los 30 metros de profundidad, donde todavía hay luz suficiente que le permita desarrollar la fotosíntesis. En aquellos lugares en los que la transparencia de las aguas es mayor, como el archipiélago balear o el Mediterráneo Oriental, la distribución de esta especie puede alcanzar hasta 40 metros de profundidad.

Su origen evolutivo son ciertos grupos de fanerógamas terrestres que se adaptaron a la vida acuática hace aproximadamente unos 140 millones de años. Actualmente existen unas 66 especies distribuidas en todas las zonas costeras del mundo excepto en el Ártico. La mayor concentración de especies se encuentra en las zonas tropicales y subtropicales del Pacífico, Índico y en el continente Australiano. En las zonas templadas el número de especies es considerablemente menor, como en el Mediterráneo donde encontramos, además de *Posidonia oceanica*, otras cuatro especies más: *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii*, *Zostera marina* y *Halophila stipulacea*, esta última introducida en el Mediterráneo Oriental desde el Mar Rojo a través del Canal de Suez.

Debido a su abundancia, su extensión y su papel en el ecosistema marino, las praderas de *P. oceanica* representan uno de los hábitats más importantes del Mar Mediterráneo, equivalente a los bosques dentro de los ecosistemas terrestres. En el litoral de la Región de Murcia estas formaciones biológicas reciben el nombre popular de “algares” o “argueles”, ocupando una superficie de los fondos infralitorales de más de 10.000 hectáreas.



***Zostera noltii*.** Es la más pequeña de todas las especies de fanerógamas marinas mediterráneas y su presencia es muy rara en el litoral de la Región de Murcia. Sus rizomas se encuentran poco lignificados y los nudos tienen una forma en arco característica.



Cymodocea nodosa Es una especie de tamaño medio y de crecimiento rápido que forma extensas praderas en el litoral murciano sobre arenas infralitorales hasta los 25 m de profundidad.

Figura 1. Angiospermas marinas presentes en el litoral mediterráneo español. Fotografías: JM Ruiz.

La amplia extensión que ocupan estas praderas y su elevada producción primaria genera una serie de servicios al ecosistema marino de nuestras costas que las hace imprescindibles para el funcionamiento del ecosistema y su conservación:

- ⇒ Es el ecosistema más productivo del Mar Mediterráneo, siendo su principal fuente de entrada de materia orgánica (carbono) y oxigenación. Parte del carbono asimilado fotosintéticamente queda almacenado y retenido de forma que las praderas son un componente esencial del balance de carbono de nuestras costas y, por tanto, elementos fundamentales para la adaptación de los ecosistemas marinos a los efectos del cambio climático.
- ⇒ En aguas someras las praderas de *Posidonia* forman arrecifes-barrera que mantienen el equilibrio sedimentario del litoral; sus largas hojas y los arribazones (acúmulos de hojas viejas sobre las playas) reducen la energía del oleaje y las corrientes protegiendo el litoral de la erosión.
- ⇒ Las praderas actúan como filtros de nutrientes y materia orgánica, parte de los cuales son retenidos, favoreciendo la calidad y transparencia característica de nuestras aguas.
- ⇒ Las praderas de *Posidonia* estructuran el fondo proporcionando hábitat a más de 400 especies de flora y 1000 especies de fauna. En ellas multitud de especies encuentran cobijo, alimento, lugar de reproducción y cría, incluso para numerosas especies de interés comercial.



Figura 2. *Posidonia oceanica*. Paisajes característicos de las praderas en el límite superior (izda.) e inferior (dcha.)
Fotografías: JM Ruiz.

En la actualidad *Posidonia oceanica* se encuentra en regresión en numerosas localidades del Mediterráneo debido principalmente a las diferentes actividades humanas:

- ⇒ La pesca ilegal de arrastre a menos de 50 metros de profundidad, es una de las causas de mayor degradación de las praderas de *Posidonia oceanica* por el fuerte impacto físico que supone.
- ⇒ Los dragados para la alimentación de playas artificiales producen efectos similares.



Figura 3. Actividades antrópicas susceptibles de generar impacto sobre las praderas: Pesca de arrastre (izqda.) y efectos del dragado para la extracción de arena (dcha.). Fotografías: JM Ruiz.

- ⇒ La contaminación marina produce efectos tóxicos sobre los organismos marinos y altera la calidad de las aguas, incrementando la turbidez de las aguas y, por tanto, impidiendo la realización de la fotosíntesis.
- ⇒ Las obras de infraestructura del litoral (puertos deportivos, espigones, regeneración de playas) modifican la dinámica litoral y por tanto las condiciones sedimentarias necesarias para el desarrollo de las praderas.
- ⇒ El fondeo de embarcaciones en lugares muy concretos de la costa causa también importantes deterioros de las praderas submarinas.
- ⇒ Los restos orgánicos procedentes de la acuicultura se depositan en el fondo alterando de forma notable el medio.
- ⇒ Modificaciones en la cadena trófica del ecosistema causadas por la sobrepesca o por la excesiva entrada de nutrientes (p.ej. acuicultura), puede llegar a inducir el

aumento desproporcionado de determinadas especies debido a la falta de depredadores naturales o a cambios en la abundancia y calidad de los recursos tróficos. Hay evidencias, por ejemplo, de que un aumento poblacional del erizo común (*Paracentrotus lividus*) inducido por estos cambios puede llegar a causar la degradación de la pradera ya que, al ser herbívoros que se alimentan de sus hojas llegan a reducir la biomasa fotosintética de la planta hasta niveles insostenibles para su crecimiento



Figura 4. Actividades antrópicas susceptibles de generar impacto sobre las praderas: vertidos orgánicos procedentes de la acuicultura. Fotografías: JM Ruiz.

⇒ Se sabe que pequeños incrementos de la salinidad media (0,5-1 ups) del agua afectan a la vitalidad y supervivencia de *Posidonia oceanica*. Por tanto, los vertidos de las plantas desaladoras pueden representar una importante amenaza para este ecosistema si no se gestionan dichos vertidos de una forma adecuada

⇒ Se desconoce cuál será el efecto neto del cambio climático sobre las fanerógamas marinas. Unos efectos son “positivos”, como el posible incremento de la fotosíntesis debido al previsible aumento de la disponibilidad de carbono inorgánico, y otros serán negativos, como el incremento de la respiración celular causado por el aumento esperado de la temperatura del agua o la reducción de la disponibilidad de luz en las partes más profundas a consecuencia de la subida del nivel del mar. En cualquier caso puede haber un efecto neto, positivo o negativo, que alterará la estructura y funcionamiento del ecosistema marino costero. La persistencia de las praderas submarinas es uno de los principales compartimentos para comprender el efecto neto del cambio climático sobre el balance de carbono global del ecosistema marino mediterráneo.

⇒ Expansión en el Mediterráneo Occidental de cierto número de especies de algas invasoras como los clorófitos de origen tropical *Caulerpa taxifolia* y *Caulerpa racemosa*, potenciales competidoras por el espacio y los recursos de las

comunidades autóctonas de fanerógamas marinas y las macroalgas. El potencial invasor de estas especies puede verse intensificado por los efectos del cambio climático global en el ecosistema marino.

La degradación o pérdida de praderas de *Posidonia oceanica* y de otras especies de fanerógamas marinas a consecuencia de la influencia de alguna o varias de estas presiones antrópicas, es un fenómeno cuya frecuencia e intensidad se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas. Las angiospermas marinas (y en especial, *Posidonia oceanica*) tienen una serie de propiedades biológicas que las hacen especialmente vulnerables al impacto de la actividad humana: i) son organismos bentónicos, por lo que no pueden desplazarse frente a condiciones adversas, ii) desarrollan biomasas muy elevadas, por lo que tienen unos requerimientos ecológicos muy elevados, iii) su crecimiento es muy lento y son muy longevas, por lo que su capacidad de respuesta y recuperación ante perturbaciones del medio es bastante limitada, aspecto que se acentúa por la reducida capacidad de reproducción sexual y la escasa viabilidad de sus propágulos reproductores.

Necesitamos herramientas de control que nos permitan diagnosticar de forma continua el estado de nuestros ecosistemas marinos costeros en relación al creciente impacto de la actividad antrópica. Esto es posible gracias al particular comportamiento de las praderas submarinas frente al impacto de la actividad humana comentado anteriormente. Esta propiedad, junto con su capacidad de integrar los cambios ambientales a los que están expuestas, les convierte de hecho en uno de los mejores y más eficaces indicadores biológicos del estado de salud y conservación de nuestros ecosistemas marinos.

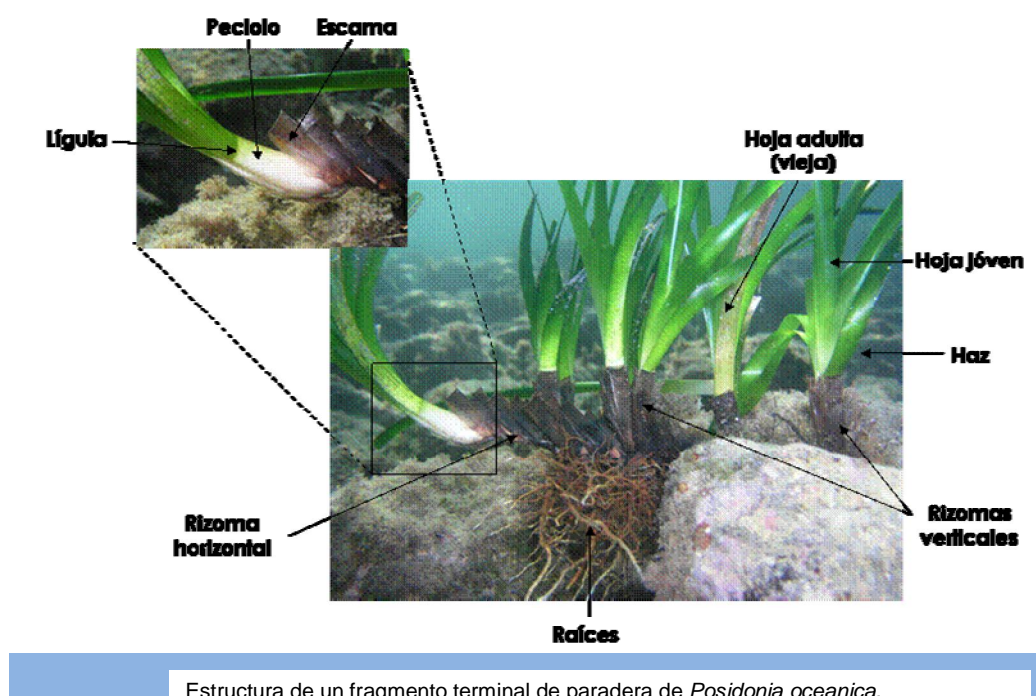


Figura 5. Partes diferenciables en un fragmento de *Posidonia oceanica*. Fotografías J.M: Ruiz

Objetivos generales:

- a) **Científico:** obtención de datos científicos para conocer la evolución a largo plazo de las praderas de *Posidonia oceanica*. y sus tendencias.
- b) **Social:** participación de buceadores voluntarios en las tareas de seguimiento científico, propiciando un acercamiento de los ciudadanos a temas científicos de interés e incrementando el nivel de concienciación medioambiental de la sociedad.
- c) **Gestión:** desarrollo de una herramienta de apoyo a la gestión y conservación del medio marino de la Región de Murcia.

Objetivos específicos:

- a) Puesta en marcha de una red de seguimiento para determinar la evolución a largo plazo y el estado de salud de las praderas submarinas de la Región de Murcia, mediante la medición de descriptores biológicos adecuados con una frecuencia anual.
- b) Seguimiento de la dispersión del alga invasora *Caulerpa racemosa* en el litoral murciano y sus efectos sobre los hábitats autóctonos, especialmente sobre las praderas de *Posidonia oceanica*.
- c) Implantar y coordinar una red de voluntariado que participe en el desarrollo del programa.
- d) Desarrollar acciones formativas para los voluntarios de la red de seguimiento que aseguren la calidad científica de los datos obtenidos.
- e) Creación de una base de datos con la información obtenida que sea de utilidad para la gestión de los hábitats marinos.
- f) Coordinación e intercambio de información y experiencia con otras redes en funcionamiento con vistas a la creación de una red nacional de seguimiento de praderas de *Posidonia oceanica* a lo largo del litoral mediterráneo español.
- g) Instalación de una red de sensores sumergibles de temperatura que permita la obtención de series temporales de este factor básico del ecosistema e identificar la incidencia de anomalías climáticas relacionadas con el cambio climático global.

Tanto los objetivos generales como los específicos del presente proyecto, y la información derivada de los mismos, están en línea con los de las Directivas Europeas en las que las praderas de angiospermas marinas representan un elemento clave de evaluación del estado de salud de los ecosistemas marinos, que son las Directivas de Hábitat (DH), Marco de Agua (DMA) y Estrategias Marinas (DMEM); igualmente el proyecto entra dentro de los objetivos del Reglamento Europeo para la pesca sostenible en el Mediterráneo, y con los del proceso de

implementación de la Aproximación Ecosistémica para la conservación de los ecosistemas marinos mediterráneos, a través del programa MEDPOL del Convenio de Barcelona (UNEP).

4. ESTRUCTURA DEL INFORME Y NOVEDADES DE LA EDICIÓN DE 2013.

En el **apartado 5** se presentan los resultados de todos los descriptores obtenidos en 2013 en todas las estaciones de muestreo y se analizan las series temporales de los principales descriptores indicadores del estado de la pradera a nivel poblacional (la densidad de haces y el porcentaje de cobertura). A este análisis se incorporan, por primera vez, los datos de densidad de haces obtenidos en los **cuadrados permanentes** instalados en cada estación en 2007, lo que nos ha permitido medir de forma exacta el crecimiento neto de la población de haces y calibrar la interpretación de las variaciones temporales de la densidad de haces obtenido mediante cuadrados al azar. Además, en 2013, se han incorporado dos nuevas estaciones a la red, ambas frente a Isla Grosa, una a 20 m y otra a 32 m. En realidad, estas dos estaciones fueron instaladas en 2012, pero los resultados son mostrados por primera vez en este informe. Igualmente, en 2013 se han instalado 4 estaciones nuevas en el límite inferior de la pradera de *P. oceanica* que se extiende entre San Pedro del Pinatar y Cabo de Palos, con el fin de controlar la influencia, y sus posibles efectos, de los diferentes vertidos concentrados aguas afuera en esta zona: un emisario de residuos domésticos, una planta desalinizadora y un polígono de acuicultura. Sin embargo, los resultados de estas últimas estaciones no serán publicados hasta 2014. Esto supone que la red de seguimiento comprende ya un total de **23 estaciones de muestreo**, aunque en la presente edición se presentan los resultados de 19 de ellas.

De acuerdo con los objetivos del proyecto, además de la medición de los descriptores que habitualmente se muestrean desde el inicio del proyecto (ver apartado 5.7.1), se han incorporado recientemente otros aspectos relevantes relacionados con el estado de salud y conservación de las praderas, cuya variabilidad temporal podría estar relacionada con procesos de cambio global, como el calentamiento del agua relacionado con el cambio climático o la propagación de especies invasoras. Por tanto, durante los últimos años del proyecto se han incorporado dos macrodescriptores de los mencionados procesos: la **intensidad de floración de *P. oceanica*** y la **abundancia del alga invasora *C. racemosa***. Los resultados de estos nuevos descriptores, así como los detalles metodológicos de su medición, se presentan por primera vez en los **apartados 6** (floración de *P. oceanica*) **y 7** (seguimiento de *C. racemosa*) del presente informe.

De acuerdo con lo anterior, se ha implementado una **red local de sensores sumergibles de temperatura** en Isla Grosa y en Isla Hormiga. En ambas localidades hay instalados 4 termómetros sumergibles a las profundidades de 5, 15, 25 y 35 m. Esta red local de termómetros sumergibles está integrada en SIOM, la red oceanográfica de la CARM, y en el proyecto TMEDnet, una red a escala Mediterránea. Con ello se pretende obtener series temporales de esta importante variable oceanográfica y poder relacionar la intensidad y frecuencia de anomalías térmicas positivas (calentamiento) con las variaciones temporales de los descriptores del estado de las praderas de *P. oceanica*. En el **anexo I** se muestran los primeros resultados analizados de esta red local.

5. ESTADO Y TENDENCIA DE LAS PRADERAS DE *Posidonia oceanica* DE LA REGIÓN DE MURCIA.

5.1 Red de seguimiento: planteamiento general.

La red de seguimiento de *Posidonia oceanica* consiste en una red de estaciones de muestreo distribuidas a lo largo del litoral de la Región de Murcia que el equipo científico-técnico del IEO visita cada año para realizar un muestreo para la determinación del estado de salud y conservación de las praderas, mediante la medición de una serie de descriptores indicadores de dicho estado. Una característica destacable del proyecto es que está abierto a la participación de centros de buceo y buceadores voluntarios que, tras una adecuada formación, colaboran en la realización de una parte de dichos muestreos. De esta forma los ciudadanos contribuyen directamente en la parte científico-técnica del proyecto (obtención de datos), a la vez se involucran de forma activa en la problemática de la conservación del hábitat.

Para que un programa de estas características sea viable desde el punto de vista científico se deben cumplir una serie de requisitos básicos:

1. Abarcar escalas temporales lo suficientemente amplias como para contemplar los cambios y evaluar con cierta base científica su significación y dirección (mínimo 10 años para el caso de *Posidonia oceanica*, cuya dinámica natural es muy lenta).
2. Contemplar una amplia red de puntos que incluya diferentes condiciones ambientales (profundidad, exposición al oleaje, proximidad de ramblas, etc.), así como tipos de impactos (puertos, arrastre, desaladoras, granjas marinas, etc.). De esta forma podremos discernir entre los cambios originados por la actividad humana de los que son originados por factores naturales (p.ej. climáticos).
3. Los datos deben ser obtenidos mediante muestreos y metodologías robustas y eficaces, que sean estandarizables y fácilmente reproducibles y que permitan con escaso error la comparación de resultados obtenidos por diferentes muestreadores o en diferentes áreas geográficas.
4. Los muestreos consistirán en la obtención de una serie de parámetros o **descriptores** de fácil medición que nos permitan hacer un diagnóstico general del estado ecológico de las praderas de acuerdo con la hipótesis de trabajo planteada (ver más abajo): densidad de plantas (haces) por metro cuadrado, porcentaje de cobertura vegetal que coloniza el fondo marino, dinámica del sedimento o abundancia de especies clave de fauna (erizos, holoturias o nacras).
5. Fiabilidad de los datos para su utilización con fines científicos y de gestión en los procesos de decisión política que afectan a la ordenación de la actividad humana en el litoral. Para ello será necesario cuidar el grado de formación de los buceadores voluntarios participantes y controlar la rigurosidad con que éstos aplican los métodos de medición empleados (mediante, por ejemplo, el establecimiento de controles de medición).

5.2 Hipótesis general

De acuerdo con los objetivos de una red de seguimiento de estas características y los métodos empleados, la hipótesis de trabajo se relaciona principalmente con la determinación de las

tendencias de la evolución del estado de las praderas de *Posidonia oceanica*, a partir del análisis de las series temporales obtenidas a partir de la medición de los descriptores. Aunque el número de descriptores obtenidos es más amplio (ver apartado 5.7.1), dicho análisis se realiza principalmente con los descriptores que definen la abundancia y estructura de las praderas de *P. oceanica*, como la densidad de haces y el grado de cobertura del sustrato. Estos descriptores son indicadores del estado de las praderas a nivel poblacional, se ha demostrado que las respuestas plásticas más inmediatas de las praderas de *Posidonia* al estrés abiótico y biótico se produce precisamente a este nivel (incluso antes que el nivel fisiológico), de forma que son indicadores excelentes de los cambios ambientales, y en particular los causados por el hombre. Así pues, desde un punto de vista estadístico, la hipótesis nula es que la tendencia de los descriptores es estable a largo plazo (pendiente o crecimiento cero) y la hipótesis alternativa es que muestra algún tipo de tendencia significativa (pendiente o crecimiento positivo o negativo), lo cual se traduce en los siguientes posibles estados:

- a) **Estable:** no hay variaciones significativas de los descriptores entre años, o bien hay cambios significativos entre años (dinámica fluctuante), pero la pendiente de la tendencia de la serie temporal es igual a cero. El crecimiento neto de la población es cero o muy próximo a cero, es decir, no ha habido un cambio desde el inicio de la serie temporal.
- b) **Progresivo:** hay variaciones significativas de los descriptores entre años con una pendiente positiva de la tendencia de toda la serie temporal, lo que indica que ha habido un crecimiento neto de la población, es decir, las manchas de pradera son más densas y/o presentan mayor recubrimiento del sustrato, en comparación con el inicio de la serie temporal.
- c) **Regresivo:** hay diferencias significativas de los descriptores entre años con una pendiente negativa de la tendencia de toda la serie temporal, lo que indica que ha habido un crecimiento neto negativo de la población, es decir, las manchas de pradera son menos densas y/o presentan menor grado de recubrimiento del sustrato con respecto al inicio de la serie temporal.

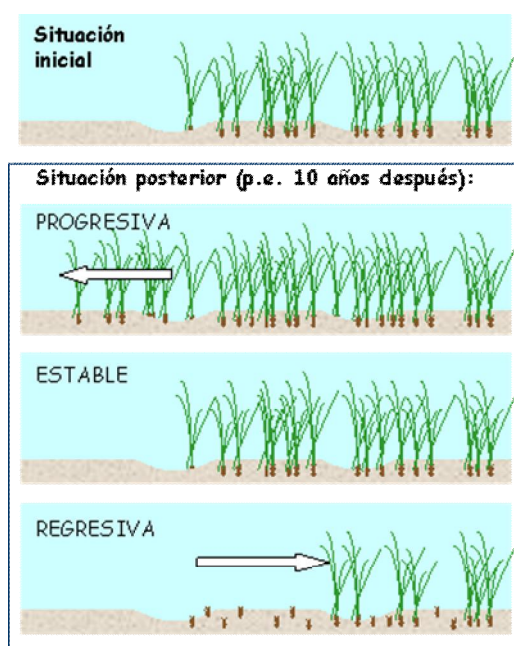


Figura 6. Posibles estados de la evolución de una pradera a partir del inicio de su seguimiento.

5.3 Puesta en marcha del proyecto

En la edición de 2013, el proyecto se puso en marcha en el mes de enero mediante el desarrollo de las siguientes actividades:

- ⇒ Establecimiento del calendario de charlas formativas y salidas al mar con indicación de los clubes o centros de buceo responsables de la actividad en cada sitio.
- ⇒ Reunión de coordinación en el Centro Oceanográfico de Murcia con los representantes de los centros y clubes de buceo participantes en el proyecto para la aprobación del calendario definitivo y para concretar aspectos de organización y coordinación.
- ⇒ Organización y celebración, por parte del IEO y el Servicio de Pesca y Acuicultura de la D.G. de Ganadería y Pesca, de las **Primeras Jornadas de seguimiento científico de hábitats marinos y ecobuceo** (Febrero 2013, CEMACAM, Murcia).
- ⇒ Difusión del proyecto:
 - Tríptico explicativo del proyecto
 - Página web de la Dirección General de Ganadería y Pesca ([www. carm.es](http://www.carm.es)) de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y de la FASRM.
 - Página web del Centro Oceanográfico de Murcia (www.mu.ieo.es).
 - Página web de los centros de buceo participantes y de la Asociación de Centros de Buceo de la Región de Murcia.
 - Centros públicos de investigación.
 - Prensa.
 - Conferencias divulgativas

5.4. Red de estaciones de muestreo y plan de trabajo

A partir de abril el equipo del Centro Oceanográfico de Murcia inicia las salidas preparatorias para revisar las estaciones de muestreo, restaurar posibles desperfectos causados por temporales y realizar una serie de mediciones previas (principalmente cobertura y densidades). Entre junio y julio se realizan los muestreos de los descriptores de *P. oceanica* con los centros de buceo y buceadores voluntarios siguiendo el calendario previsto. En los casos en los que las salidas con los voluntarios son suspendidas debido al mal estado de la mar u otros tipos de contratiempos, el muestreo de las estaciones se realiza por miembros del equipo científico en fechas posteriores. Entre septiembre y octubre se repiten los muestreos para la realización de los recuentos de haces en parcelas fijas, la medición de la abundancia de *C. racemosa* y la presencia de inflorescencias.

La red de seguimiento de la Región de Murcia en el año 2013 se compone de un total de 19 estaciones de muestreo, cuya localización se indica en el mapa de la Figura 7. En tres estaciones se realiza un seguimiento más detallado de la evolución del alga invasora *Caulerpa racemosa* desde 2007 para determinar la posible interacción a largo plazo entre el alga y la pradera (círculos amarillos en Figura 7).



Figura 7. Distribución de las estaciones de muestreo a lo largo del litoral de la Región.

En el apartado de resultados de la presente memoria (apartado 6.1) se muestra una ficha técnica de cada estación de muestreo con información adicional de sus características.

Previamente a las salidas con los voluntarios el equipo técnico realizó un total de 20 salidas de preparación y muestreo en cada estación. Se realizaron un total de 14 salidas con la participación de buceadores voluntarios durante los meses de junio y julio. Se han realizado unas 30 salidas al mar adicionales para el seguimiento del alga invasora *C. racemosa*, los recuentos de inflorescencias y el mantenimiento y recambio de termómetros sumergibles.

5.5. Descriptores del estado y tendencias de las praderas de *P. oceanica*.

5.5.1. Descriptores del estado de las praderas

Los detalles sobre el tipo de descriptores empleados, su definición, medición y técnica de muestreo se explican más extensamente en el manual del voluntario ("Las praderas de *Posidonia* en Murcia. Red de seguimiento y voluntariado ambiental") disponible en la página

web del Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (www.carm.es/), la del Centro Oceanográfico de Murcia (www.mu.ieo.es/) y en el repositorio del Instituto Español de Oceanografía (<http://hdl.handle.net/10508/495>). A continuación se detallan de forma muy sintética, consultar los detalles metodológicos en la mencionada publicación.

Los descriptores seleccionados son:

- a) Posición de los límites (superior/inferior) de la pradera.
- b) Densidad de haces (haces/m²) en cuadrados de 0.04 m² colocados al azar dentro de manchas vivas de *P. oceanica*.
- c) Censos exactos del número de haces en cuadrados permanentes de 0,16 m².
- d) Porcentaje de cobertura de sustrato ocupado por manchas vivas *P. oceanica*.
- e) Presencia y cuantificación de las inflorescencias de *P. oceanica*
- f) El grado de enterramiento de los haces (\pm cm).
- g) La abundancia de macrofauna (erizos, holoturias, espirógrafos ó poliquetos tubícolas y nacras).

En cada estación hay 6 puntos de muestreo separados unos 5-7 m entre sí indicados cada uno con una piqueta o barra metálica clavada en el sustrato y numerada (Figura 8). En cada piqueta se realizan mediciones de los descriptores mencionados, de forma que el número total de réplicas por descriptor y estación queda de la siguiente forma:

- 9-12 medidas al azar de la densidad de haces utilizando cuadrados de 20x20 cm (0,04 m²).
- 6 recuentos exactos del número de haces realizados en cuadrados fijos de 40x40 cm (0,16 m²).
- 6 réplicas del porcentaje de cobertura de las manchas de pradera mediante estimaciones semi-cuantitativa (0-100%) del grado de recubrimiento del sustrato realizadas en cuadrados de 40x40 cm situados cada metro a lo largo de un transecto de 10 metros de longitud, colocados con rumbos fijos a partir de cada piqueta (es decir, 6 transectos/estación).
- 72 réplicas del grado de enterramiento de los haces (12 réplicas/punto de muestreo)
- 9 mediciones al azar del número de inflorescencias en cuadrados de 0,04 m² de superficie y 6 mediciones en cuadrados de 0,16m² fijos en cada estación.
- 60 medidas de presencia/ausencia de espirógrafos y holoturias (10 cuadrados/transecto)
- 15 mediciones al azar de abundancia de erizos en cuadrados de 1 m².
- 6 réplicas de abundancia de nacra (en una superficie de 40 m²/transecto, es decir, el 40% de la superficie total de cada estación).

Todas estas mediciones se realizan dentro de una superficie total de 600 m² y se ha comprobado que el grado de replicación es suficiente para asegurar un nivel de exactitud y precisión aceptables, de acuerdo con la variabilidad natural de cada descriptor.

En el apartado 6.1 se muestran los resultados de los diferentes descriptores obtenidos en 2013.



Figura 8. Disposición de las piquetas (puntos de muestreo) en las estaciones de la red de seguimiento (grafico superior).

Detalle de los boyarines indicando la posición de las piquetas en la pradera. Fotografías: JM Ruiz.

5.5.2. Evolución temporal del estado de las praderas de *Posidonia oceanica* (2004-2013)

En el apartado 6.2 se muestran las series temporales de los descriptores relacionados con la densidad de haces y la cobertura obtenidas en el periodo 2004-2013, así como un diagnóstico del estado y tendencia de su evolución temporal, basado en las siguientes aproximaciones:

- A) **Categorización** del valor medio del descriptor (densidad de haces en cuadrados de 0,04 m² y cobertura) obtenido cada año y en toda la serie temporal, en relación a unos valores de referencia establecidos para cada profundidad a partir de un modelo teórico obtenido a partir de una amplia base de datos de todas las praderas de la región de Murcia en condiciones ambientales poco o nada alteradas (ver más abajo). Esta base de datos incorpora variación espacio-temporal de los valores medios de descriptores del estado de la pradera obtenidos en unos 600 puntos de muestreo por el equipo de investigación GEAM-IEO (base de datos LIC's y base de datos Red de Seguimiento de las praderas de Posidonia en la Región de Murcia). A partir del modelo se puede establecer un valor teórico medio (y rango) del descriptor para la profundidad de la estación de seguimiento e incorpora cinco categorías de estado cuyos límites son establecidos de forma arbitraria como se describe a continuación:

- 1) **Muy bajo** = *valor real* < valor teórico medio -45%
- 2) **Bajo** = valor teórico medio -15% < *valor real* < valor teórico medio -45%
- 3) **Normal** = valor teórico medio -15% < *valor real* < valor teórico medio +15%
- 4) **Alto** = valor teórico medio +15% < *valor real* < valor teórico medio +45%
- 5) **Muy Alto** = *valor real* > valor teórico medio +45%

A continuación se presentan en gráficas los modelos teóricos para cada descriptor, donde se incluye su función de ajuste así como los límites de las 5 categorías establecidas.

Modelo teórico para el descriptor densidad de haces en cuadrados de 0,04 m²:

Para la variable densidad de haces el modelo obtenido por medio de una función exponencial negativa muestra un ajuste elevado ($R^2 = 0,68$) con la base de datos empleada. Dicho modelo refleja la reducción que de forma natural se produce en la densidad de plantas de las praderas con el aumento de la profundidad.

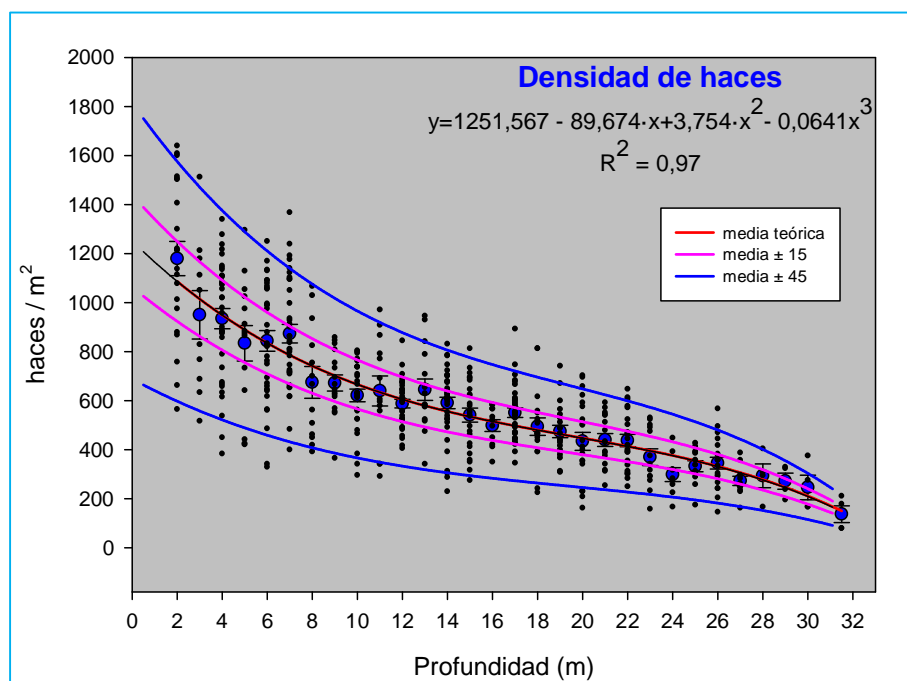


Figura 9. Modelo teórico (función exponencial) generados a partir de las bases de datos del GEAM-IEO para la categorización de la variable densidad de plantas.

Modelo teórico para el descriptor cobertura de pradera:

El modelo teórico obtenido para la variable cobertura de pradera muestra a través de una función polinomial un ajuste menor ($R^2 = 0.39$) que el obtenido para el descriptor densidad de haces. El modelo describe una disminución de la cobertura de pradera con el aumento de la profundidad con pendientes menores, y por lo tanto, reducciones de la variable menores en el rango de profundidades intermedias comprendidas entre los 10 y 20 m de profundidad.

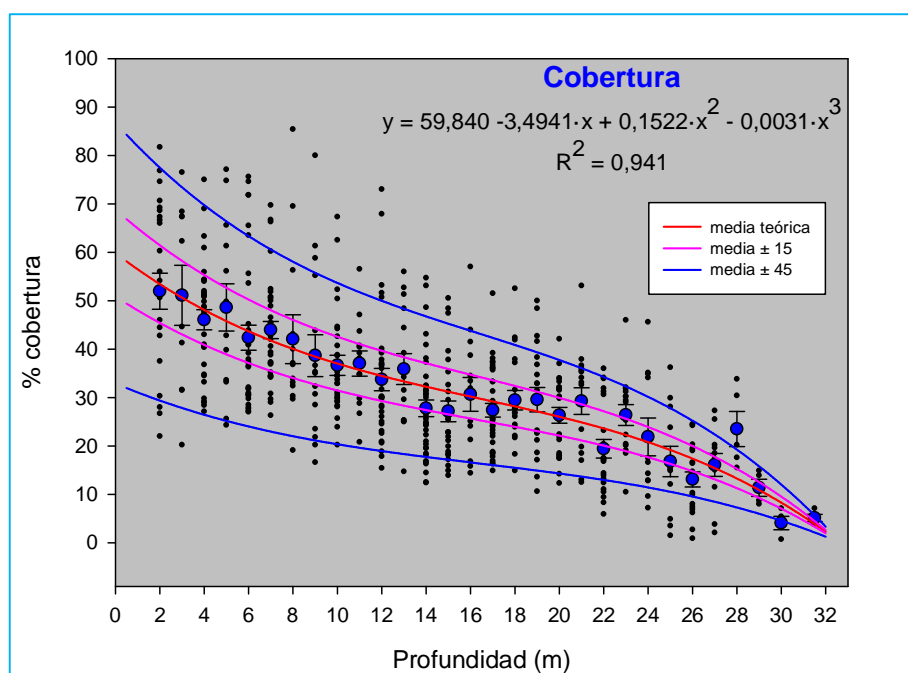


Figura 10. Modelo teórico (función polinomial) generados a partir de las bases de datos del GEAM-IEO para la categorización de la variable cobertura de pradera.

Estimación del signo y magnitud de la **tendencia** de la serie temporal del descriptor (densidad de haces en cuadrados de 0,04 m² y 0,16 m² y cobertura) mediante el cálculo del coeficiente de correlación no paramétrica “**tau de Kendall**” (Kendall- τ) a partir de toda la serie temporal. Se trata de un estadístico empleado para determinar la asociación entre dos medidas por medio de un índice de concordancia. Los valores posibles del índice van de -1 (el valor del descriptor disminuye con los años: **tendencia regresiva**) a 1 (el valor del descriptor aumenta con años: **tendencia progresiva**), donde el signo del coeficiente indica la dirección de la relación entre variables, y su valor absoluto indica la magnitud de dicha relación, de manera que los mayores valores absolutos indican relaciones más fuertes. Los cálculos son realizados mediante el empleo del software STATISTICA v3.0. Con el fin de asignar un diagnóstico del estado de la pradera basado en la tendencia del descriptor, se contemplarán las siguientes categorías de Kendall- τ (las divisiones son arbitrarias):

Progresivo alto: valores superiores a +0,4

Progresivo moderado: valores entre +0,4 y 0,2

Progresivo bajo: valores entre +0,2 y 0,1

Estable: valores entre +0,1 y -0,1

Regresivo bajo: valores entre -0,1 y -0,2

Regresivo moderado: valores entre -0,2 y -0,4

Regresivo alto: valores inferiores a -0,4.

- B) Estimación del **crecimiento neto anual de la población de haces (%)** basado en las medidas de densidad de haces en cuadrados de 0,04 m² y 0,16 m² y cobertura. El crecimiento neto es calculado para cada par de valores medios obtenidos en dos años sucesivos de la siguiente forma:

$$\text{Crecimiento neto / año (\%)} = \left((n_f - n_i) \times 100 / n_i \right) \times (365 / P)$$

En el caso de la densidad de haces y el porcentaje de cobertura, n_i y n_f son, respectivamente, el valor medio del descriptor obtenidos en dos muestreos anuales sucesivos, y P es el número de días entre ambos muestreos. El promedio de todos los CNAs obtenidos para cada año de la serie temporal representa el **crecimiento medio anual** de todo el periodo de seguimiento (2004-2013 en el caso de la densidad de haces al azar y cobertura, y 2007-2013 en el caso del número de haces en cuadrados permanentes). El sumatorio de los CNAs de todo el periodo es el **crecimiento neto total** del descriptor en dicho periodo. Valores positivos indican un balance neto positivo de la variación temporal del descriptor (incremento neto; población con tendencia **progresiva**) y los valores negativos un balance neto negativo respecto al número inicial de haces del periodo P (población con tendencia **regresiva**). Un valor medio igual a cero (o cuyo error o desviación estándar se solapa con cero) representa una población en equilibrio o **estable**. Con el fin de asignar un diagnóstico del estado de la pradera basado en el crecimiento neto total del descriptor, se contemplarán las siguientes categorías de esta variable (las divisiones son arbitrarias):

Positivo alto: valores superiores al 40%

Positivo moderado: valores entre 40 y 20%

Positivo bajo: valores entre 20 y 10%

Estable: valores entre +10 y -10%

Negativo bajo: valores entre -10 y -20%

Negativo moderado: valores entre -20 y -40%

Negativo alto: valores inferiores a -40%.

5.6 Formación de los Voluntarios

Previamente a la salida de muestreo, a los buceadores participantes se les imparte una clase de formación mediante la cual reciben los conocimientos teórico-prácticos necesarios para la realización de las mediciones en las estaciones de muestreo. Esta clase se imparte justo el día antes de la salida de muestreo para que los conocimientos recibidos tengan el efecto deseado en el rigor de las mediciones y, por tanto, en la fiabilidad de los datos obtenidos. La charla de formación se imparte con medios audiovisuales y está estructurada de la siguiente forma:

1ª Parte: aspectos teóricos sobre la ecología de las praderas de fanerógamas marinas, su importancia ecológica y las principales amenazas que causan su regresión en el Mediterráneo, incluyendo la invasión del alga tropical *Caulerpa racemosa*.

2ª Parte: explicación del diseño de muestreo en la estación de seguimiento y de los descriptores y su medición. Reparto de material de muestreo y familiarización con el mismo. Toma y anotación de los datos de campo.

3ª Parte: clase práctica de la medición de los descriptores y simulación del protocolo de muestreo.

Como complemento para ayudar a la comprensión de la charla se utilizan fotos y esquemas muy detallados (presentación en power-point) así como una maqueta de una pradera de *Posidonia* que permite simular las diferentes situaciones y problemas con las que el buceador-muestreador puede encontrarse a la hora de realizar las mediciones en una situación real. La duración de la charla es de aproximadamente 1,5 horas y aporta a los buceadores voluntarios un conocimiento general de la ecología y biología de las praderas de fanerógamas marinas y una idea bastante clara de las tareas a realizar tal y como se demostraba posteriormente en las salidas al mar.

5.7 Control de la calidad de los datos

Teniendo en cuenta que los buceadores voluntarios participantes son en su mayoría personas completamente ajenas a las disciplinas de biología y ecología marina, es obvio que el efecto de una única charla de formación no asegura la aplicación correcta de las explicaciones recibidas para la medición de los descriptores en el mar. Por lo tanto, se realiza siempre una demostración y supervisión *in situ*; una vez que los buceadores voluntarios se encuentran en su punto de muestreo (es decir, en la piqueta con su número correspondiente) un miembro del equipo técnico les hace, previamente a las mediciones, una demostración del método de medición. Una vez realizada la demostración los buceadores voluntarios se quedan solos realizando las mediciones, aunque posteriormente reciben visitas sucesivas del monitor para comprobar que continúan aplicando los métodos de forma correcta. Posteriormente, los datos obtenidos por los voluntarios son contrastados con medidas control realizadas por el equipo científico y se aplican filtros estadísticos para determinar qué datos son válidos y cuáles deben ser rechazados.

5.8. Resultados 2013.

Un total de 19 estaciones distribuidas a lo largo del litoral de Murcia conforman, en la actualidad, la red de seguimiento de la praderas de *P. oceanica*. De este conjunto de estaciones, en 9 de ellas se dispone de una serie temporal de 10 años (muestreadas desde 2004), 4 estaciones con series temporales de 9 años (muestreadas desde 2005), 1 estación muestreada desde el año 2006 (serie temporal de 8 años), 3 estaciones muestreadas desde 2007 (serie temporal de 7 años) y 2 estaciones que empezaron a ser muestreadas en 2012 (serie temporal de 2 años).

5.8.1 Descriptores del estado actual de las praderas.

En este apartado se describen las características de cada estación: mapa bionómico, esquema de la distribución de puntos de muestreo en la pradera, localización (coordenadas UTM), profundidad e histórico de fechas de muestreo y revisiones, así como el centro de buceo responsable en la edición 2013. También se presenta una tabla resumen de los datos obtenidos de los descriptores en cada una de las estaciones de muestreo de la red de seguimiento. Por cuestiones prácticas y claridad de esta memoria, no se aportan los datos brutos, es decir, todas las réplicas, sino tan sólo los valores medios de los descriptores y su error estándar. Los lugares de la tabla en los que aparece un guión, significa que el dato no está disponible.

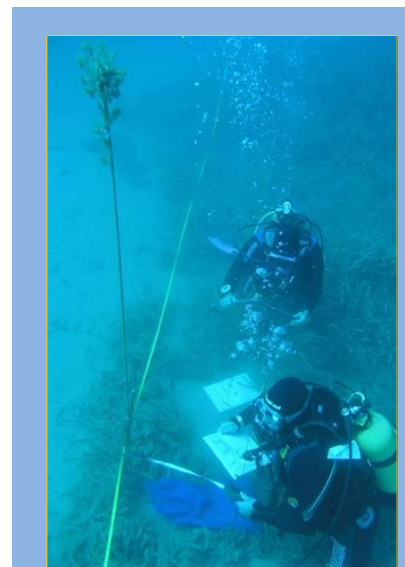


Figura 11. Trabajos de seguimiento en una de las estaciones de muestreo Fotografía: JM Ruiz.

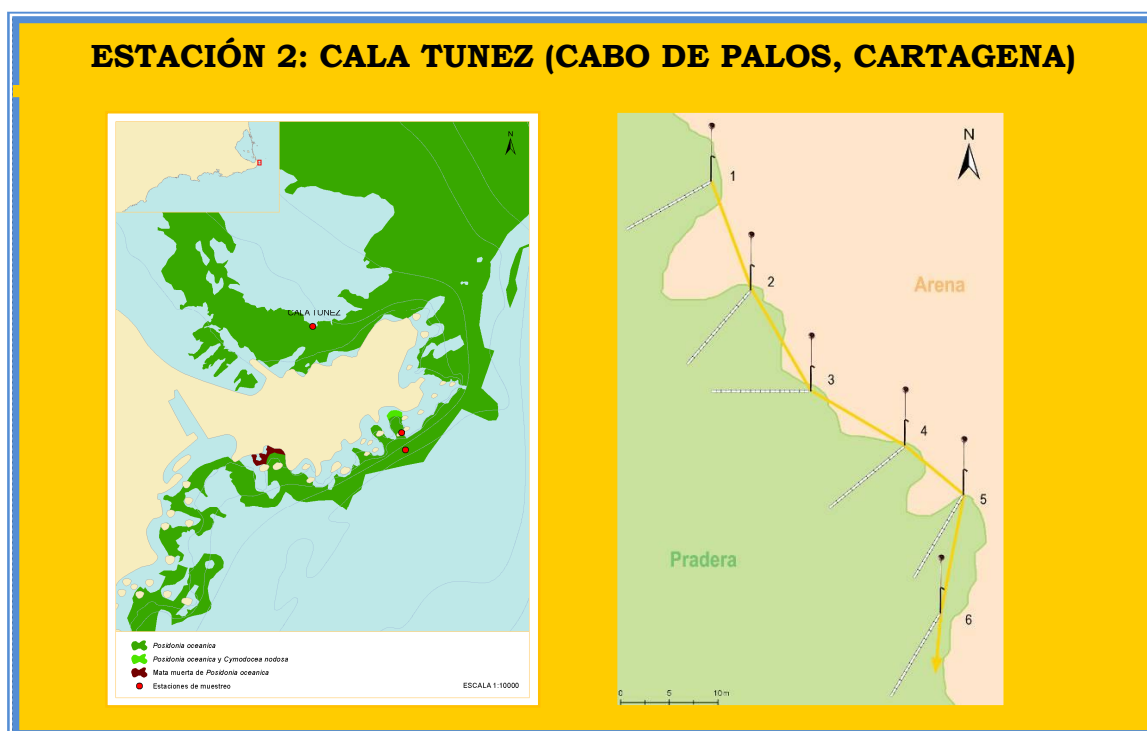


Figura 12. Localización de la estación de muestreo de Cala Túnez y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: CALA TUNEZ		
LOCALIZACIÓN (UTM): 703513 - 4168161; PROFUNDIDAD: 8m		
CENTRO DE BUCEO: PLANETA AZUL		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	07/05/2004	09/05/2004
2005	24/04/2005	19/06/2005
2006	18/05/2006	29/06/2006
2007	16/05/2007	20/11/2007
2008	23/04/2008	12/07/2008
2009	01/04/2009	25/07/2009
2010	15/04/2010	10/07/2010
2011	30/03/2011	02/07/2011
2012	01/07/2012	01/07/2012
2013	01/05/2013	08/06/2013

Tabla 1. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 2 se muestran los valores de densidad de haces para el año 2013 medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Cala Túnez.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
44,27±3,01	42,00±1,72	133,00±8,30	6,00±0,64	2,00±0,60	2,17±0,83

Tabla 2. Resultados obtenidos en la estación n° 2 (Cala Túnez)



Figura 13. Localización de la estación de muestreo de Cala de la Escalera - Somera y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: CALA ESCALERA SOMERA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 703946 – 4167629, PROFUNDIDAD: 7m		
CENTRO DE BUCEO: ISLAS HORMIGAS		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	07/05/2004	09/05/2004
2005	24/04/2005	19/06/2005
2006	18/05/2006	29/06/2006
2007	16/05/2007	20/11/2007
2008	23/04/2008	12/07/2008
2009	01/04/2009	25/07/2009
2010	15/04/2010	10/07/2010
2011	30/03/2011	02/07/2011
2012	23/06/2012	23/06/2012
2013	01/05/2013	22/06/2013

Tabla 3. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 4 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Cala de la Escalera – Somera para el año 2013.

Cobertura	Densidad de haces	Densidad de haces	Enterramiento	Densidad erizos	Densidad holoturias
(%)	Haces/0,04 m ²	Haces/ 0,16 m ²	cm	Individuos/m ²	Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
52,44±8,87	54,78±1,57	136,75±10,38	6,58±0,30	0,2±0,13	1,17±0,31

Tabla 4. Resultados obtenidos en la estación nº 3 (Cala de la Escalera – Somera)



Figura 14. Localización de la estación de muestreo de Cala Cerrada - Somera y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: CALA CERRADA SOMERA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 663125 – 4156704.10; PROFUNDIDAD: 12m		
CENTRO DE BUCEO: I.E.O.		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	04/06/2004	27/06/2004
2005	24/05/2005	31/07/2005
2006	19/05/2006	16/07/2006
2007	23/04/2007	17/06/2007
2008	09/06/2008	15/06/2008
2009	07/04/2009	21/06/2009
2010	07/04/2010	13/06/2010
2011	08/04/2011	09/08/2011
2012	05/06/2012	05/06/2012
2013	17/04/2013	17/04/2013

Tabla 5. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 6 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Cala Cerrada – Somera para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
23,07±1,47	23,71±4,81	58,6±5,39	-	0	0

Tabla 6. Resultados obtenidos en la estación n°5 (Cala Cerrada – Somera).



Figura 15. Localización de la estación de muestreo de Cala Cerrada - Profunda y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: CALA CERRADA PROFUNDA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 663172 - 4156648.44; PROFUNDIDAD: 20m		
CENTRO DE BUCEO: I.E.O.		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	04/06/2004	27/06/2004
2005	24/05/2005	31/07/2005
2006	19/05/2006	25/07/2006
2007	23/04/2007	16/06/2007
2008	09/06/2008	14/06/2008
2009	07/04/2008	21/06/2009
2010	07/04/2010	12/06/2010
2011	08/04/2011	09/08/2011
2012	16/06/2012	16/06/2012
2013	17/04/2013	17/04/2013

Tabla 7. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 8 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Cala Cerrada – Profunda para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
12,53±2,52	4,33±2,24	7,0±4,61	-	0	0

Tabla 8. Resultados obtenidos en la estación nº 6 (Cala Cerrada – Profunda)



Figura 16. Localización de la estación de muestreo de La Azohía y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: PLAYA DE LA AZOHIA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 661074 – 4157999; PROFUNDIDAD:16m		
CENTRO DE BUCEO: RIVEMAR		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	15/06/2004	04/07/2004
2005	04/05/2005	17/07/2005
2006	01/06/2006	02/07/2006
2007	27/03/2007	30/06/2007
2008	13/05/2008	28/06/2008
2009	12/03/2009	27/06/2009
2010	08/04/2010	26/06/2010
2011	07/04/2011	11/06/2011
2012	16/06/2012	16/06/2012
2013	17/04/2013	15/06/2013

Tabla 9. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 10 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de La Azohía para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
26,53±2,37	27,10±0,96	98,0±9,06	4,51±0,68	0,33±0,21	3,33±0,49

Tabla 10. Resultados obtenidos en la estación nº 7 (La Azohía)

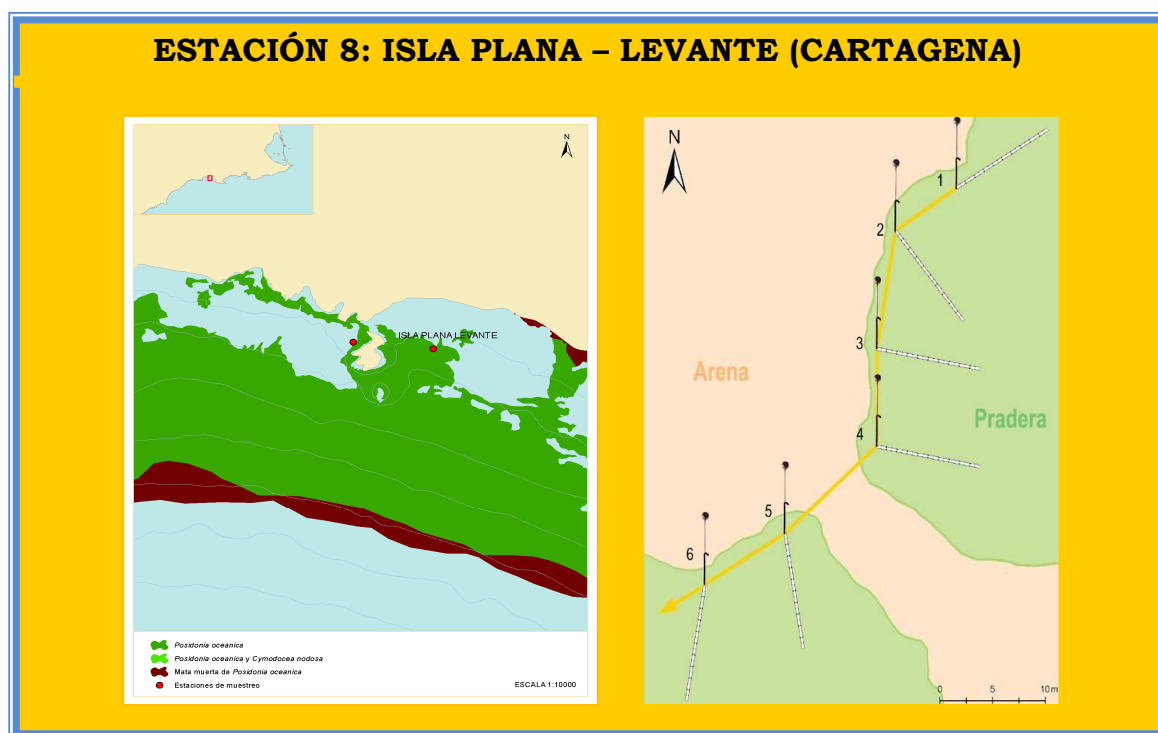


Figura 17. Localización de la estación de muestreo de Isla Plana – Levante y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: ISLA PLANA LEVANTE		
LOCALIZACIÓN (UTM): 658637 – 4159987; PROFUNDIDAD: 6m		
CENTRO DE BUCEO: I.E.O.		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	03/06/2004	11/07/2004
2005	08/06/2005	04/09/2005
2006	23/06/2006	08/07/2006
2007	02/03/2007	01/07/2007
2008	06/05/2008	29/06/2008
2009	18/06/2009	28/06/2009
2010	13/04/2010	19/06/2010
2011	07/04/2011	15/08/2011
2012	16/06/2012	16/06/2012
2013	17/04/2013	17/04/2013

Tabla 11. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 12 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Isla Plana – Levante para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
41,99±2,74	31,22±2,45	57,16±7,07	-	0	0

Tabla 12. Resultados obtenidos en la estación nº 8 (Isla Plana – Levante)

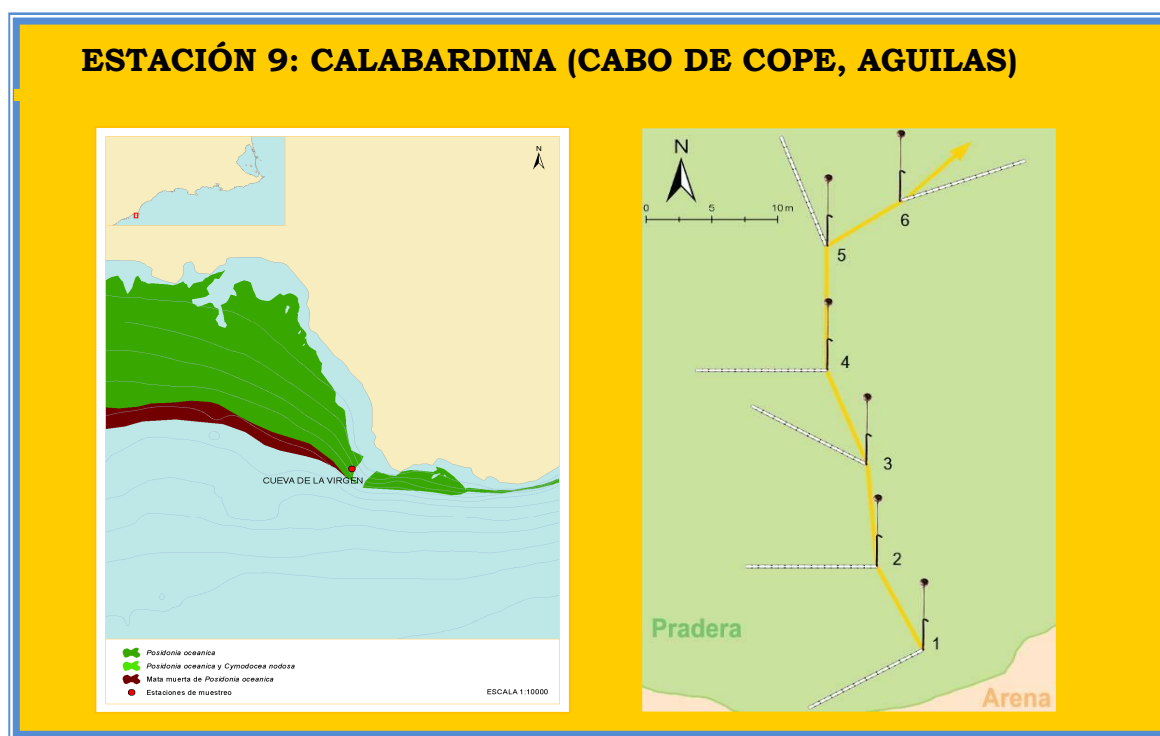


Figura 18. Localización de la estación de muestreo de Calabardina y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: CALABARDINA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 632933 – 4142986; PROFUNDIDAD: 16m		
CENTRO DE BUCEO: LA ALMADRABA		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	22/07/2004	08/08/2004
2005	16/09/2005	18/09/2005
2006	19/07/2006	23/07/2006
2007	25/04/2007	03/06/2007
2008	08/05/2008	22/07/2008
2009	01/06/2009	07/06/2009
2010	06/04/2010	06/06/2010
2011	04/04/2011	04/06/2011
2012	30/05/2012	30/05/2012
2013	22/03/2013	22/03/2013

Tabla 13. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 14 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Calabardina para el año 2013.

Cobertura	Densidad de haces	Densidad de haces	Enterramiento	Densidad erizos	Densidad holoturias
(%)	Haces/0,04 m ²	Haces/ 0,16 m ²	cm	Individuos/1,6m ²	Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
20,33±1,50	25,56±1,14	33,16±8,36	-	0	0

Tabla 14. Resultados obtenidos en la estación n° 9 (Calabardina)



Figura 19. Localización de la estación de muestreo n° 10. Isla del Fraile y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: ISLA DEL FRAILE		
LOCALIZACIÓN (UTM): 629051 - 4141582; PROFUNDIDAD: 15 m		
CENTRO DE BUCEO: LA ALMADRABA		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	22/07/2004	08/08/2004
2005	16/09/2005	18/09/2005
2006	19/07/2006	23/07/2006
2007	25/04/2007	03/06/2007
2008	08/05/2008	22/07/2008
2009	01/06/2009	07/06/2009
2010	06/04/2010	06/06/2010
2011	04/04/2011	04/06/2011
2012	30/05/2012	30/05/2012
2013	22/03/2013	22/03/2013

Tabla 15. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 16 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Isla del Fraile para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
31,62±1,99	22,11±1,48	38,5±5,78	-	0	0

Tabla 16. Resultados obtenidos en la estación n° 10 (Isla del Fraile)

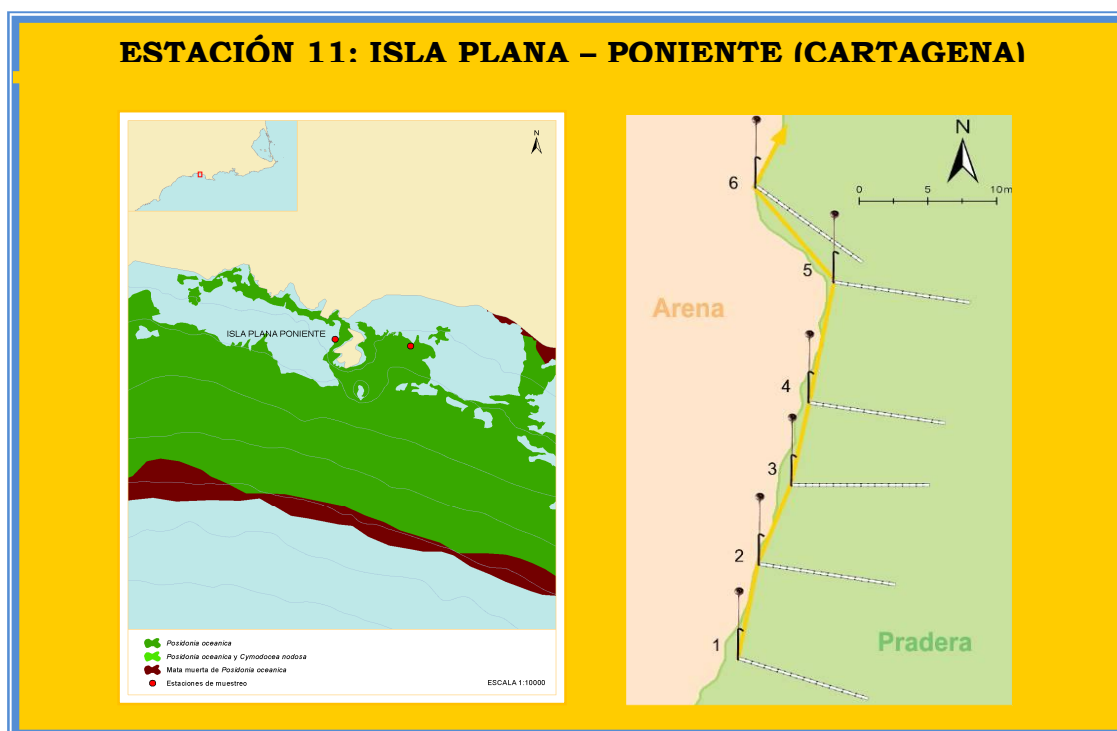


Figura 20. Localización de la estación de muestreo de Isla Plana - Poniente y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: ISLA PLANA PONIENTE		
LOCALIZACIÓN (UTM): 658281 – 4160021; PROFUNDIDAD: 3m		
CENTRO DE BUCEO: I.E.O.		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2004	25/09/2004	25/09/2004
2005	15/06/2005	15/06/2005
2006	12/05/2006	09/07/2006
2007	14/03/2007	09/06/2007
2008	16/06/2008	29/06/2008
2009	18/03/2009	13/06/2009
2010	05/05/2010	20/06/2010
2011	08/04/2011	15/08/2011
2012	24/06/2012	24/06/2012
2013	18/04/2013	18/04/2013

Tabla 17. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 18 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Isla Plana – Poniente para el año 2013.

Cobertura	Densidad de haces	Densidad de haces	Enterramiento	Densidad erizos	Densidad holoturias
(%)	Haces/0,04 m ²	Haces/ 0,16 m ²	cm	Individuos/1,6m ²	Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
67,33±4,20	60,11±2,87	141,66±25,98	-	0	0

Tabla 18. Resultados obtenidos en la estación nº 11 (Isla Plana – Poniente)

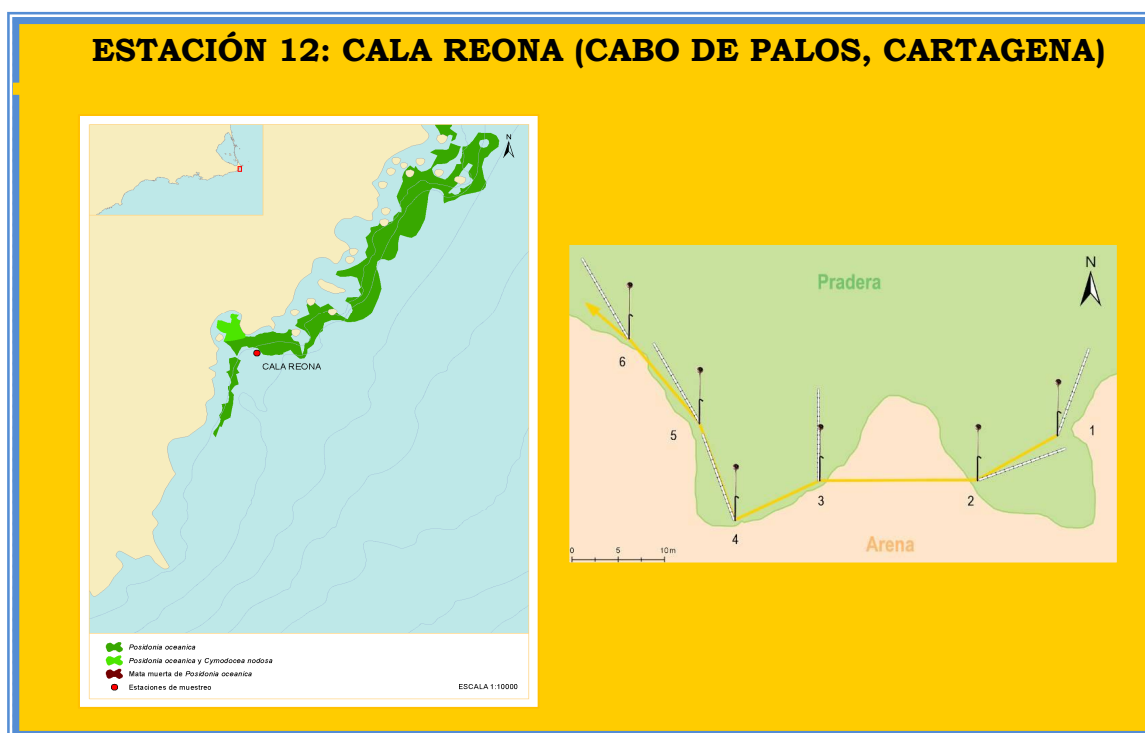


Figura 21. Localización de la estación de muestreo Isla de Cala Reona y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: CALA REONA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 701968 – 41655913; PROFUNDIDAD: 7m		
CENTRO DE BUCEO: NARANJITO		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2006	29/05/2006	11/10/2006
2007	20/06/2007	05/10/2007
2008	10/07/2008	10/07/2008
2009	04/06/2009	11/07/2009
2010	20/04/2010	11/07/2010
2011	30/03/2011	03/07/2011
2012	10/07/2012	10/07/2012
2013	26/03/2013	01/05/2013

Tabla 19. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 20 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Cala Reona para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
30,43±2,60	43,67±1,61	150,25±6,10	2,34±0,52	8,4±1,03	8,17±1,47

Tabla 20. Resultados obtenidos en la estación nº 16 (Cala Reona)

ESTACIÓN 13: CALA ESCALERA - PROFUNDA (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

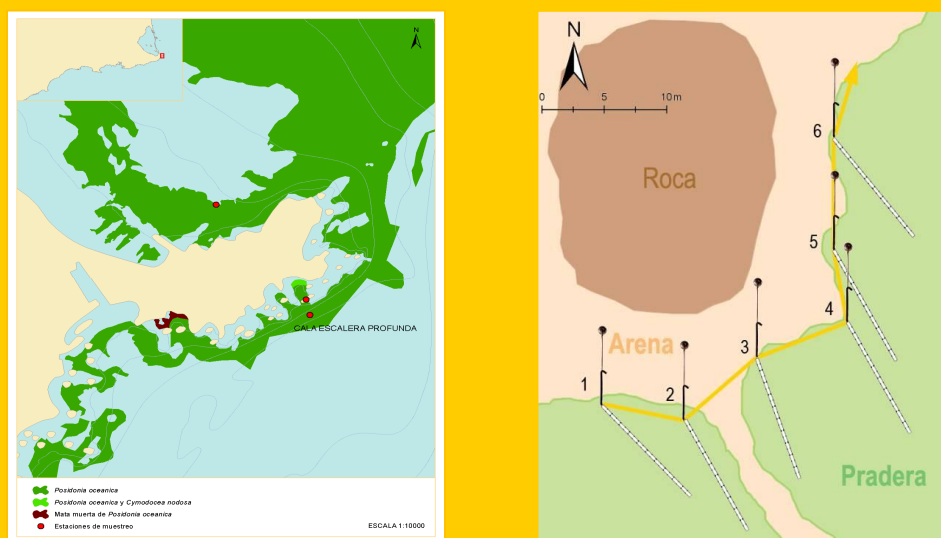


Figura 22. Localización de la estación de muestreo de Cala Escalera - Profunda y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: CALA ESCALERA PROFUNDA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 703966 – 4167543; PROFUNDIDAD:19m		
CENTRO DE BUCEO: ATURA		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2005	18/05/2005	26/06/2005
2006	06/06/2006	25/06/2006
2007	17/05/2007	30/10/2007
2008	23/05/2008	05/07/2008
2009	02/04/2009	18/07/2009
2010	27/04/2010	03/07/2010
2011	29/03/2011	09/07/2011
2012	20/06/2012	20/06/2012
2013	01/05/2013	16/06/2013

Tabla 21. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 22 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Cala Escalera – Profunda para el año 2013.

Cobertura	Densidad de haces	Densidad de haces	Enterramiento	Densidad erizos	Densidad holoturias
(%)	Haces/0,04 m ²	Haces/ 0,16 m ²	cm	Individuos/m ²	Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
26,75±2,34	32,78±2,41	90,25±10,03	2,33±1,09	0,1±0,10	0

Tabla 22. Resultados obtenidos en la estación n° 13 (Cala Escalera – Profunda)

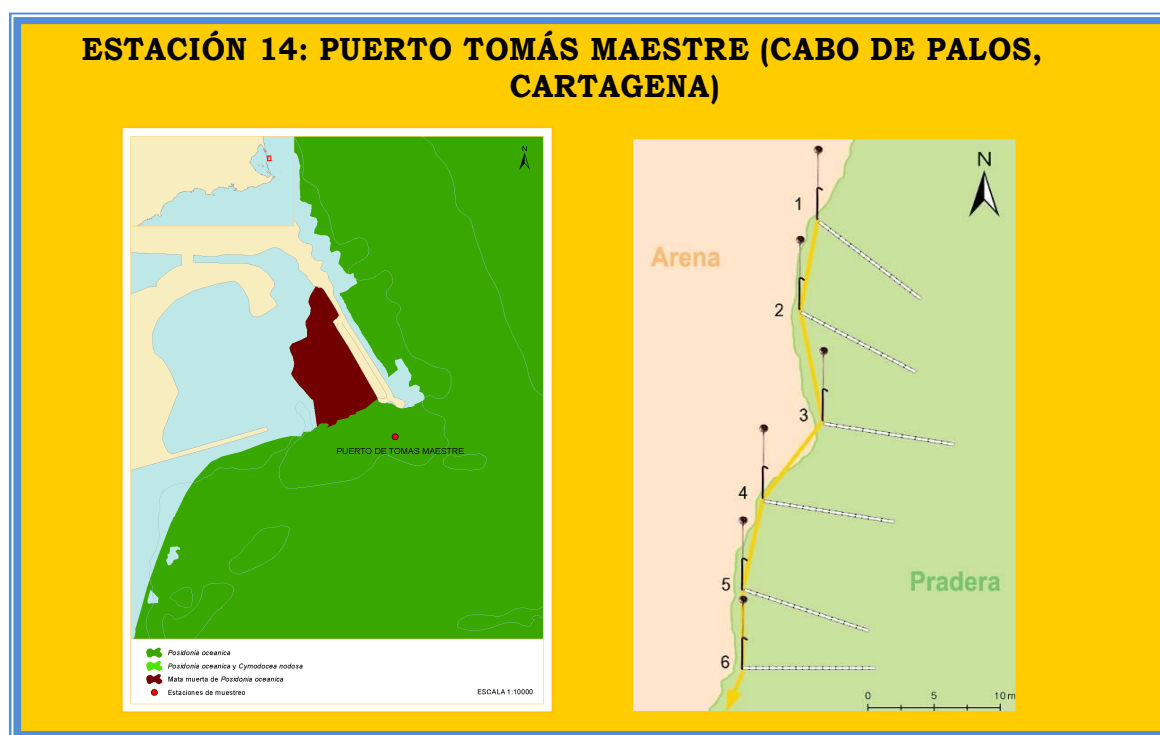


Figura 23. Localización de la estación de muestreo Puerto Tomás Maestre y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: PUERTO TOMÁS MAESTRE		
LOCALIZACIÓN(UTM): 700822 – 4179442; PROFUNDIDAD: 4m		
CENTRO DE BUCEO: I.E.O.		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2005	10/05/2005	03/07/2005
2006	07/06/2006	09/08/2006
2007	21/06/2007	29/07/2007
2008	25/08/2008	25/08/2008
2009	20/03/2009	07/08/2009
2010	21/04/2010	24/07/2010
2011	28/03/2011	09/09/2011
2012	26/05/2012	26/05/2012
2013	29/03/2013	29/03/2013

Tabla 23. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 24 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Puerto Tomás Maestre para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
47,74±2,77	44,22±1,88	86,33±14,37	-	0	0

Tabla 24. Resultados obtenidos en la estación nº 14 (Puerto Tomás Maestre)



Figura 24. Localización de la estación de muestreo Isla de las Palomas y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: ISLA DE LAS PALOMAS		
LOCALIZACIÓN (UTM): 673128 – 4160784.58; PROFUNDIDAD: 16m		
CENTRO DE BUCEO: HESPERIDES		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2005	02/06/2005	10/07/2005
2006	17/05/2006	18/06/2006
2007	09/05/2007	23/06/2007
2008	16/05/2008	21/06/2008
2009	19/03/2009	04/07/2009
2010	14/04/2010	17/07/2010
2011	31/03/2011	18/06/2011
2012	13/07/2012	13/07/2012
2013	01/05/2013	02/06/2013

Tabla 25. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 26 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Isla de las Palomas para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
24,19±2,72	18,67±0,54	39,66±4,83	4,91±0,88	0	2,67±1,05

Tabla 26. Resultados obtenidos en la estación nº 15 (Isla de las Palomas)



Figura 25. Localización de la estación de muestreo El Muellecico.

ESTACIÓN: EL MUELLECICO		
LOCALIZACIÓN (UTM): 0664377 – 4156507; PROFUNDIDAD: 22m		
CENTRO DE BUCEO: IEO		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2007	03/05/2007 – 08/03/2007	03/07/2007
2008	04/08/2008	05/08/2008
2009	13/07/2009	14/07/2009
2010	21/09/2010	21/09/2010
2011	07/09/2011	07/09/2011
2012	05/06/2012	05/06/2012
2013	18/04/2013	18/04/2013

Tabla 27. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 28 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de $0,04 \text{ m}^2$, con cuadrados permanentes ($0,16 \text{ m}^2$) y los valores del % de cobertura de las praderas de El Muellecico para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/ $0,04 \text{ m}^2$	Densidad de haces Haces/ $0,16 \text{ m}^2$	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/ $1,6 \text{ m}^2$	Densidad holoturias Individuos/ $1,6 \text{ m}^2$
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
17,48±0,87	20,17±1,30	42,60±4,30	-	-	-

Tabla 28. Resultados obtenidos en la estación n° 18 (El Muellecico)

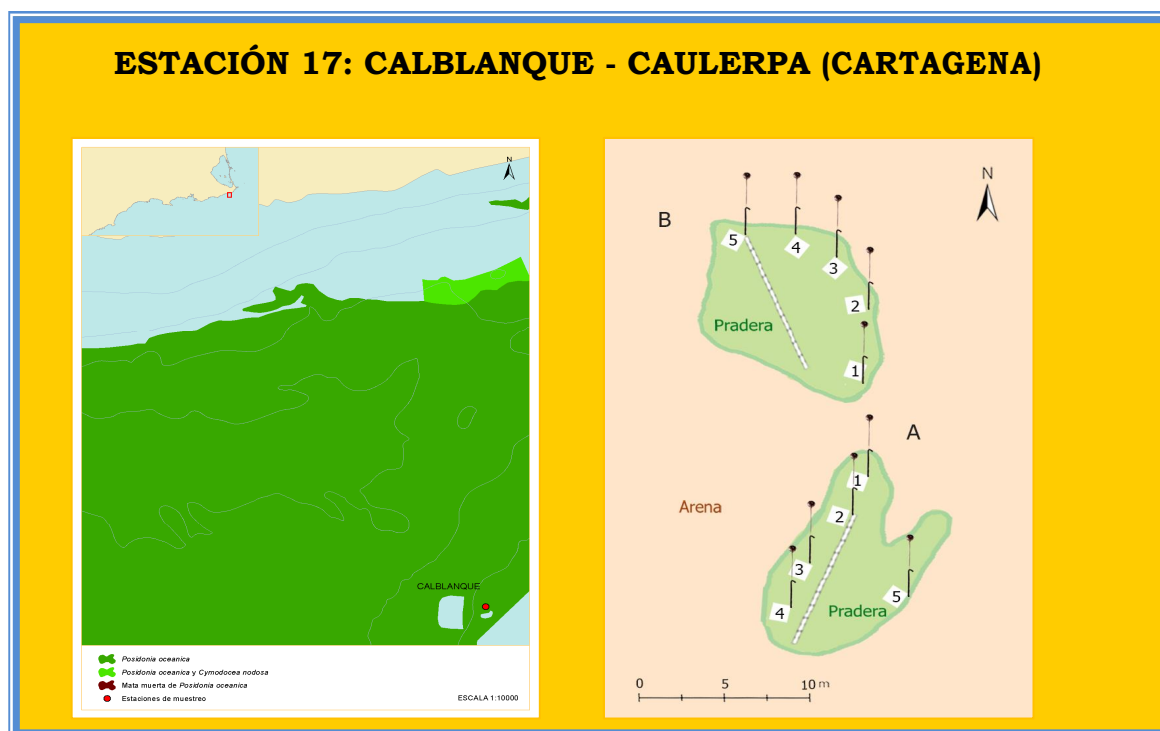


Figura 26. Localización de la estación de muestreo Calblanque.

ESTACIÓN: CALBLANQUE		
LOCALIZACIÓN (UTM): 0700040 – 4161890; PROFUNDIDAD: 26m		
CENTRO DE BUCEO: IEO		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2007	10/07/2007 – 11/07/2007	17/07/2007 – 18/07/2007
2008	11/08/2008	18/08/2008 – 19/08/2008
2009	06/07/2009	07/07/2009 – 08/07/2009
2010	15/09/2010	15/09/2010
2011	05/09/2011	05/09/2011
2012	20/06/2012	20/06/2012
2013	01/05/2013	01/05/2013

Tabla 29. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 30 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Calblanque para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
14,74±1,52	22,75±1,75	29,60±6,09	-	-	-

Tabla 30. Resultados obtenidos en la estación nº 19 (Calblanque)

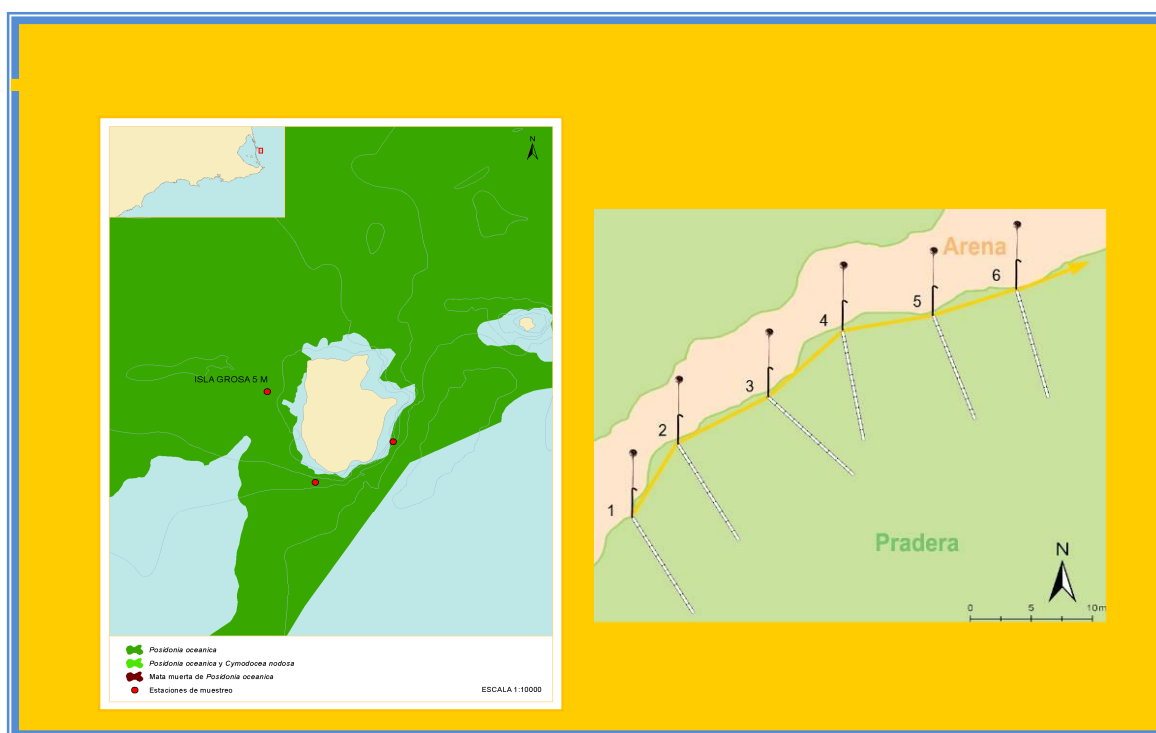


Figura 27. Localización de la estación de muestreo de Isla Gorda y esquema de distribución de los puntos de muestreo.

ESTACIÓN: ISLA GORDA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 701766 – 4178400; PROFUNDIDAD: 5m		
CENTRO DE BUCEO: VILLA DE SAN PEDRO		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2005	30/09/2005	02/10/2005
2006	21/04/2006	10/08/2006
2007	21/06/2007	28/07/2007
2008	02/09/2008	02/09/2008
2009	16/03/2009	08/08/2009
2010	22/04/2010	31/07/2010
2011	28/03/2011	04/08/2011
2012	27/04/2012	27/04/2012
2013	29/03/2013	29/03/2013

Tabla 31. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 32 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Isla Gorda para el año 2013.

Cobertura	Densidad de haces	Densidad de haces	Enterramiento	Densidad erizos	Densidad holoturias
(%)	Haces/0,04 m ²	Haces/ 0,16 m ²	cm	Individuos/1,6m ²	Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
54,34±3,73	45,44±1,93	74,33±5,74	-	0	0

Tabla 32. Resultados obtenidos en la estación n° 12 (Isla Gorda)

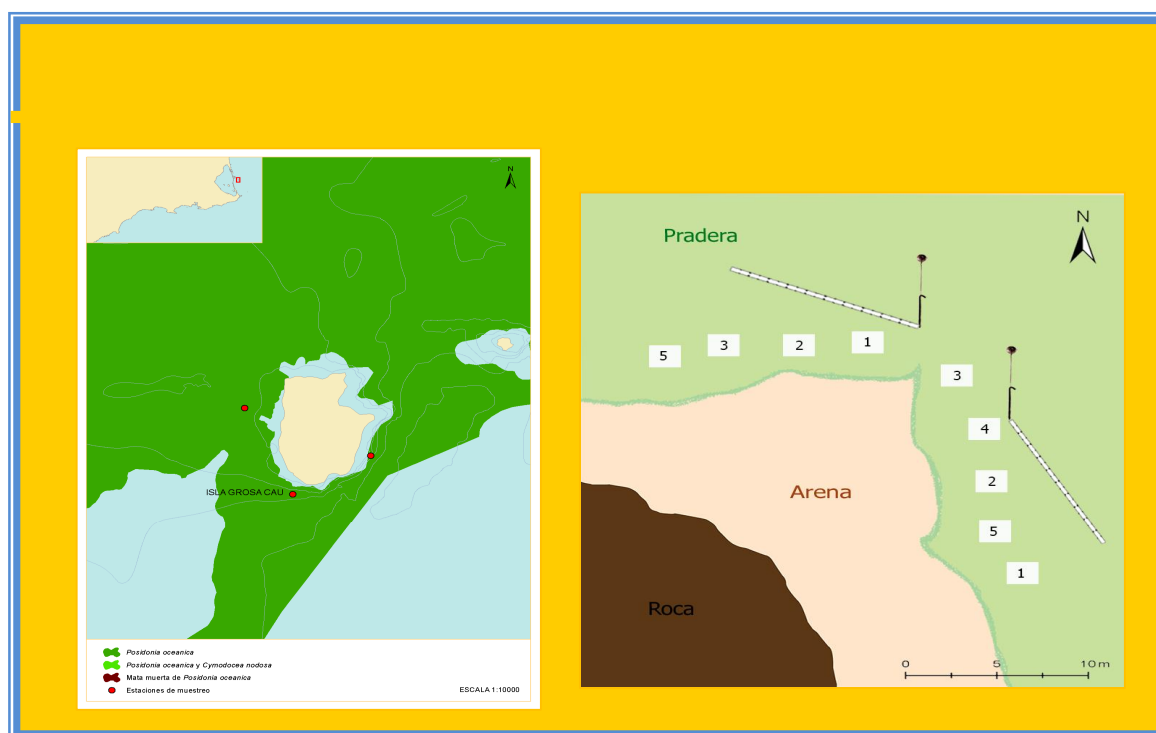


Figura 28. Localización de la estación de muestreo Isla Grosa - Caulerpa.

ESTACIÓN: ISLA GROSA		
LOCALIZACIÓN (UTM): 0701985 – 4177946; PROFUNDIDAD: 12m		
CENTRO DE BUCEO: IEO		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2007	09/08/2007 – 10/08/2007	13/08/2007
2008	06/08/2008	07/08/2008
2009	01/07/2009 – 02/07/2009	20/07/2009 – 21/07/2009
2010	18/09/2010	18/09/2010
2011	01/09/2011	01/09/2011
2012	23/05/2012	23/05/2012
2013	04/04/2013	04/04/2013

Tabla 33. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 34 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de Isla Grosa - Caulerpa para el año 2013.

Cobertura (%)	Densidad de haces Haces/0,04 m ²	Densidad de haces Haces/ 0,16 m ²	Enterramiento cm	Densidad erizos Individuos/1,6m ²	Densidad holoturias Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
37,88±2,20	25,33±1,90	86,22±7,35	-	-	-

Tabla 34. Resultados obtenidos en la estación nº 17 (Isla Grosa - Caulerpa)



Figura 29. Localización de la estación de muestreo Isla Grosa- 20 m.

ESTACIÓN: ISLA GROSA 20 m		
LOCALIZACIÓN (UTM 0702339 - 4178150; PROFUNDIDAD: 20m)		
CENTRO DE BUCEO: IEO		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2012	23/6/2012	23/6/2012
2013	24/10/2013	24/10/2013

Tabla 35. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 36 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de ISLA GROSA 20 m para el año 2013.

Cobertura	Densidad de haces	Densidad de haces	Enterramiento	Densidad erizos	Densidad holoturias
(%)	Haces/0,04 m ²	Haces/ 0,16 m ²	cm	Individuos/1,6m ²	Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
25,68±2,96	24,89±1,44	48,66±1,62	-	0	0

Tabla 36. Resultados obtenidos en la estación nº 20 (ISLA GROSA 20 m) en el año 2013.



Figura 30. Localización de la estación de muestreo Isla Grosa- 32 m.

ESTACIÓN: ISLA GROSA 32 m		
LOCALIZACIÓN (UT: 0703770 - 4179151; PROFUNDIDAD: 32m)		
CENTRO DE BUCEO: IEO		
AÑO	INSTALACION/REVISION	MUESTREO
2012	2/11/2012	2/11/2012
2013	24/10/2013	24/10/2013

Tabla 37. Fechas de instalación, revisión y muestreo de la estación a lo largo de los años de estudio.

En la tabla 38 se muestran los valores de densidad de haces medida en cuadrados de 0,04 m², con cuadrados permanentes (0,16 m²) y los valores del % de cobertura de las praderas de ISLA GROSA 32 m para el año 2013.

Cobertura	Densidad de haces	Densidad de haces	Enterramiento	Densidad erizos	Densidad holoturias
(%)	Haces/0,04 m ²	Haces/ 0,16 m ²	cm	Individuos/1,6m ²	Individuos/1,6m ²
Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES	Media±ES
7,13±0,26	11,50±1,45	19,0±1,09	-	0	0

Tabla 38. Resultados obtenidos en la estación n° 20 (ISLA GROSA 32 m) en el año 2013.

5.8.2 Evolución temporal del estado de las praderas de Posidonia oceanica

ESTACIÓN 2: CALA TUNEZ (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

La densidad de haces muestra una tendencia general progresiva alta (K-Tau = +0,51; $p < 0,05$), que evoluciona desde valores medios bajos (categoría 2) al principio de la serie temporal hasta valores altos-muy altos (categorías 4-5) a partir de 2009. El valor medio del descriptor para toda la serie temporal se sitúa bien por encima del valor medio predicho por el modelo teórico (categoría 4 = alta). Esta tendencia se traduce en tasas medias de cambio neto anual de +7,1 y en un crecimiento neto total de la población de +63,9%. Por tanto, el estado de la pradera según este descriptor es **progresivo alto**.

DENSIDAD DE HACES

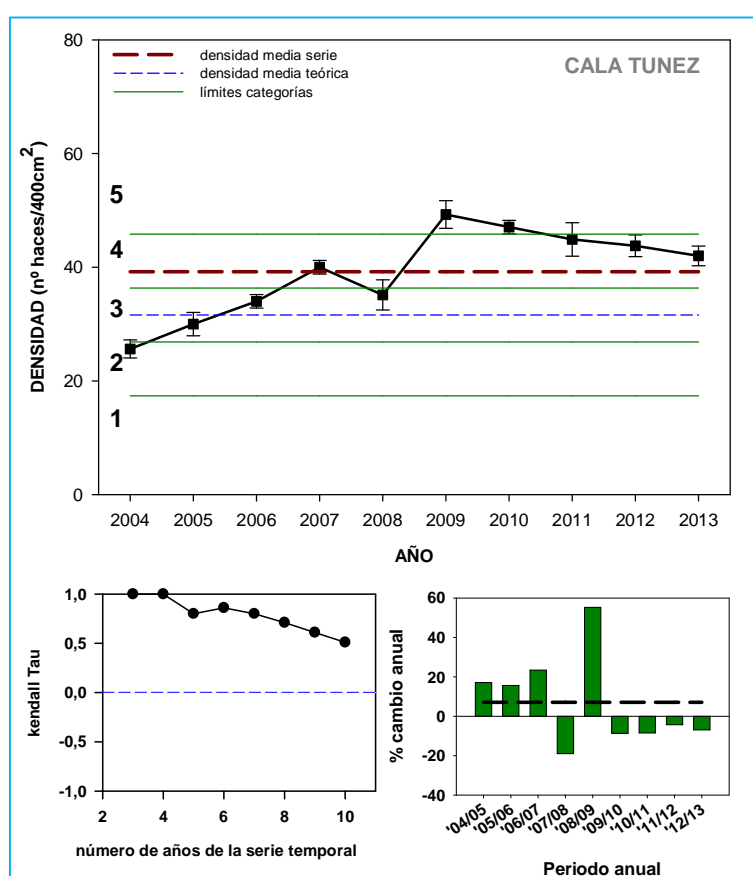


Figura 31. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La densidad de haces en los cuadrados permanentes muestra una tendencia progresiva alta (Kendal $\tau = +0,48$; $p > 0,05$), con un cambio neto anual de $+10,9$ y un crecimiento total de $+65,3\%$ para todo el periodo (Fig. 32). Esta dinámica es altamente consistente con la mostrada por la densidad de haces al azar en el mismo periodo.

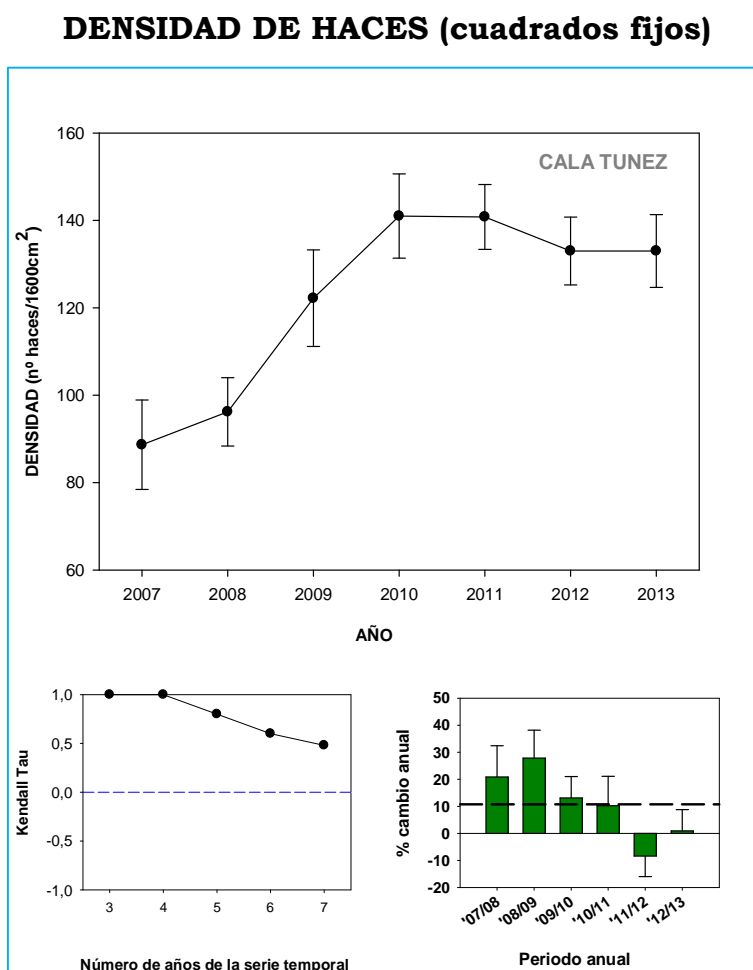


Figura 32. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

El valor medio del porcentaje de cobertura varía entre valores de las categorías normal y alto, con un valor medio de toda la serie dentro de la categoría normal. Este descriptor muestra una tendencia general progresiva alta (K-tau = $+0,55$; $p < 0,05$), aunque en esta ocasión la tasa de cambio neto anual $+0,3$ y el crecimiento neto total en todo el periodo $+2,4$ son muy bajos y próximos a cero debido a la importante disminución experimentada por esta variable en 2005. Por tanto, se le asigna al descriptor un estado **progresivo moderado**.

COBERTURA

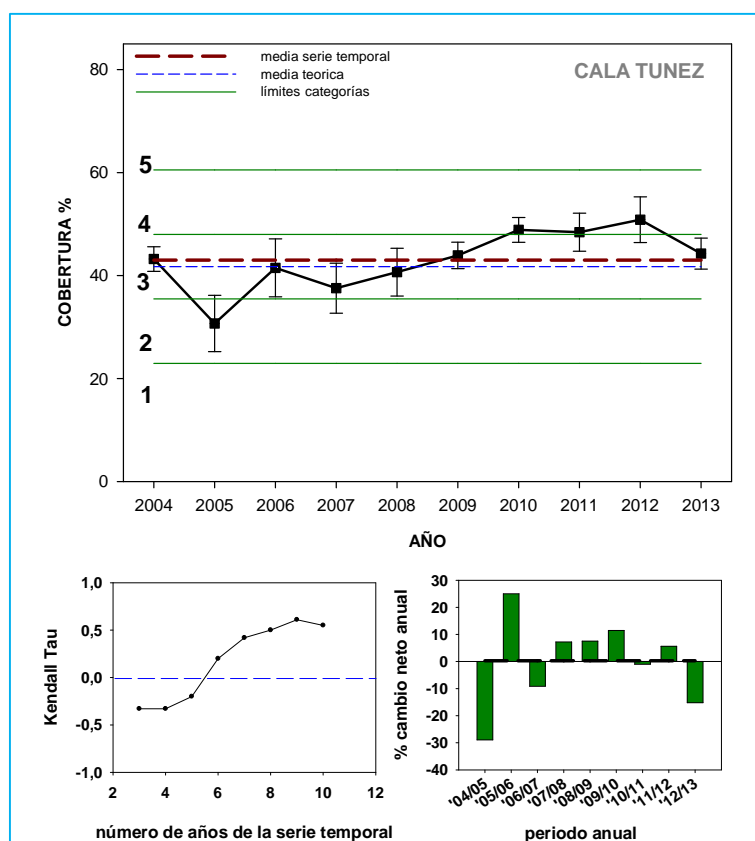


Figura 33. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 3: CALA DE LA ESCALERA - SOMERA (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

El valor medio de la densidad de haces en esta pradera muestra una tendencia general progresiva alta ($K\text{-tau} = +0,51$; $p < 0,05$) pasando de valores normales-bajos (categorías 3-2) al principio de la serie a valores medios altos-muy altos a partir de 2009. Esta fuerte tendencia progresiva se traduce en valores positivos altos de la tasa de cambio anual $+6,9$ y del crecimiento neto total $+62,5\%$. Se le asigna a este descriptor un estado **progresivo alto**.

DENSIDAD DE HACES

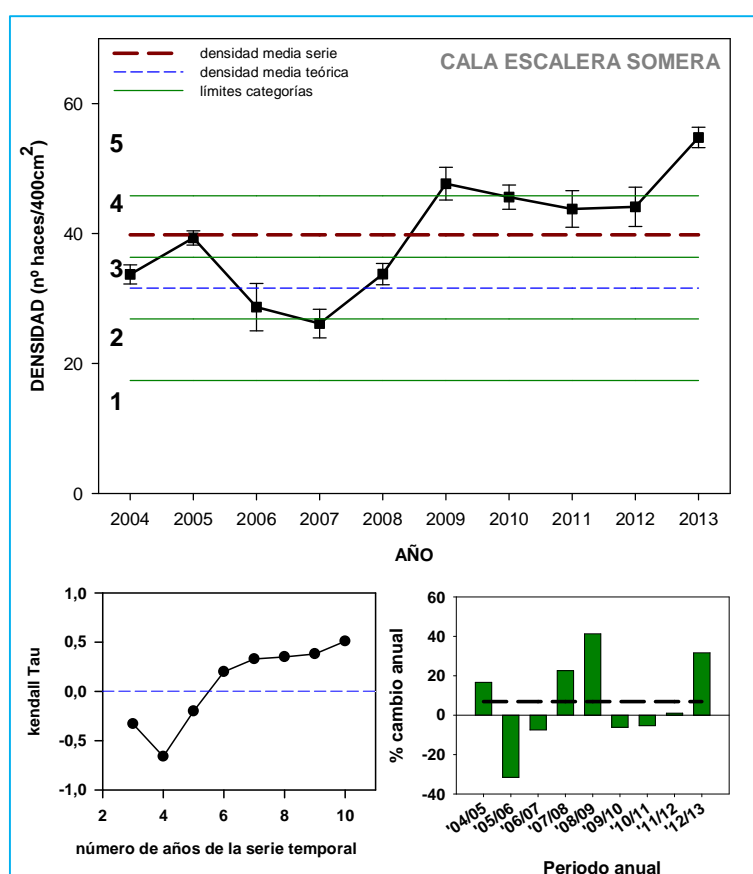


Figura 34. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La densidad de haces en los cuadrados permanentes muestra una tendencia progresiva baja (Kendal $\tau = +0,14$; $p > 0,05$), con una tasa de cambio anual $+4,5$ y con un crecimiento positivo

total de +26,8% para todo el periodo (Fig. 35). Esta dinámica progresiva es consistente con la mostrada por la densidad de haces al azar en el mismo periodo.

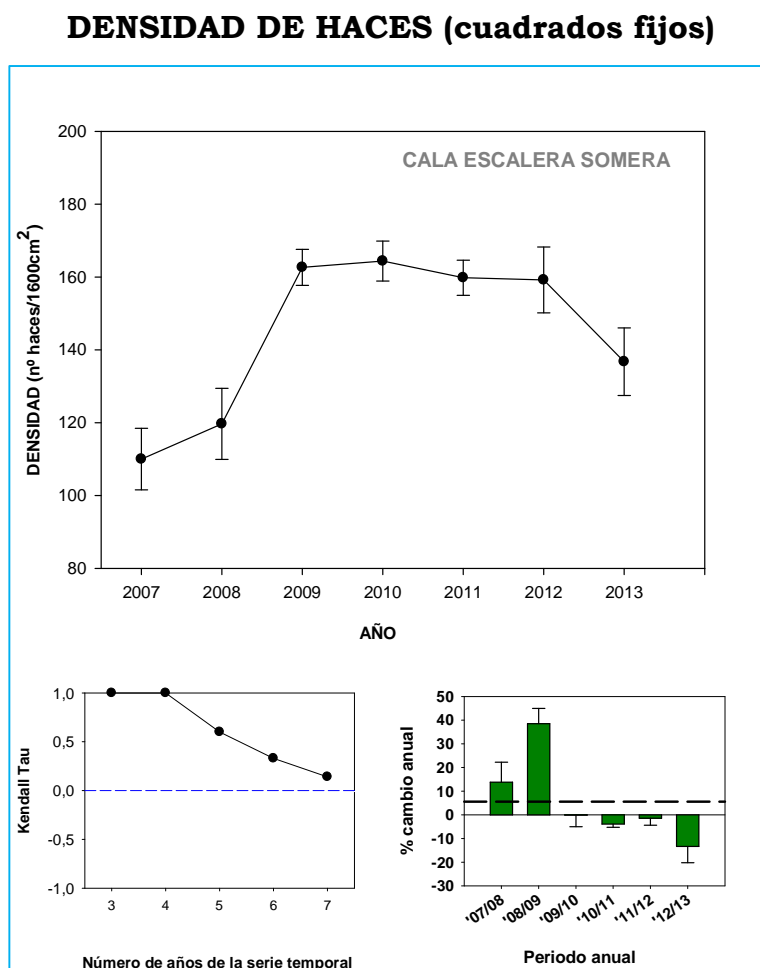


Figura 35. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La cobertura de esta pradera se mantiene entre valores medios normales altos (categorías 3-4), con un valor medio para toda la serie dentro de la categoría normal (3). Este descriptor sigue una tendencia general progresiva alta (K-tau = +0,60; $p < 0,05$), aunque los valores medios del cambio neto anual +0,8 y el crecimiento neto total del periodo +7,6% son muy próximos a cero. Esto es debido a la importante reducción de este descriptor experimentada en 2005. Se le asigna a este descriptor un estado **progresivo moderado**.

COBERTURA

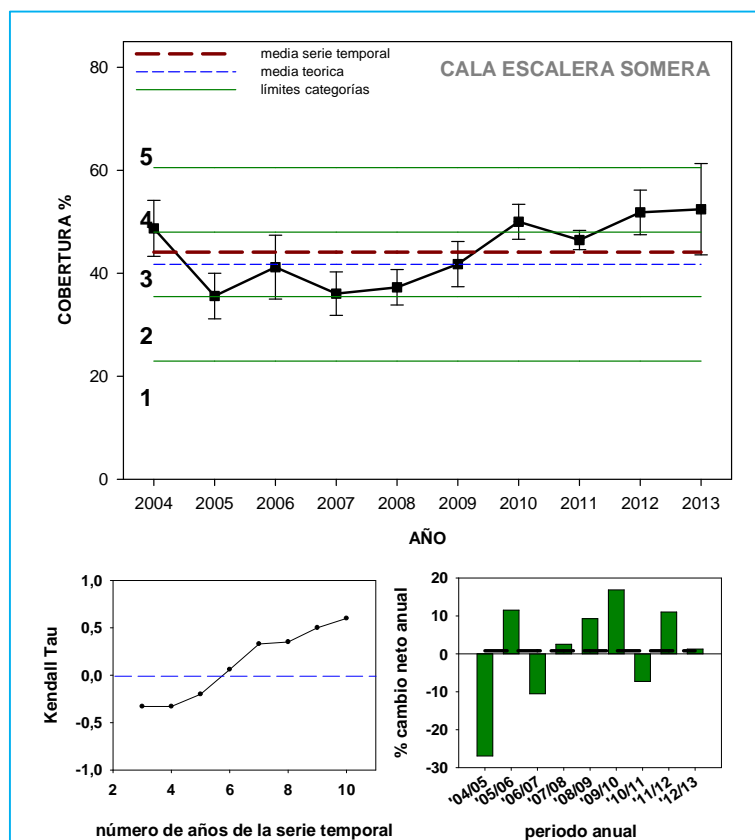


Figura 36. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 5: CALA CERRADA – SOMERA (CABO TIÑOSO, CARTAGENA)

El valor medio de la densidad de haces de esta pradera varía entre las categorías “normal” y “baja”, estando el valor medio de toda la serie en la categoría de valores “bajos”. Este descriptor muestra una tendencia progresiva moderada ($K\text{-tau} = +0,24$; $p > NS$) con tasas medias de cambio anual $-0,3$ y crecimiento total del periodo $-2,7\%$ prácticamente igual a cero. Esto refleja la alternancia de años de crecimiento negativo con años de crecimiento positivo a lo largo de la serie temporal. Se le asigna a este descriptor un estado **estable**.

DENSIDAD DE HACES

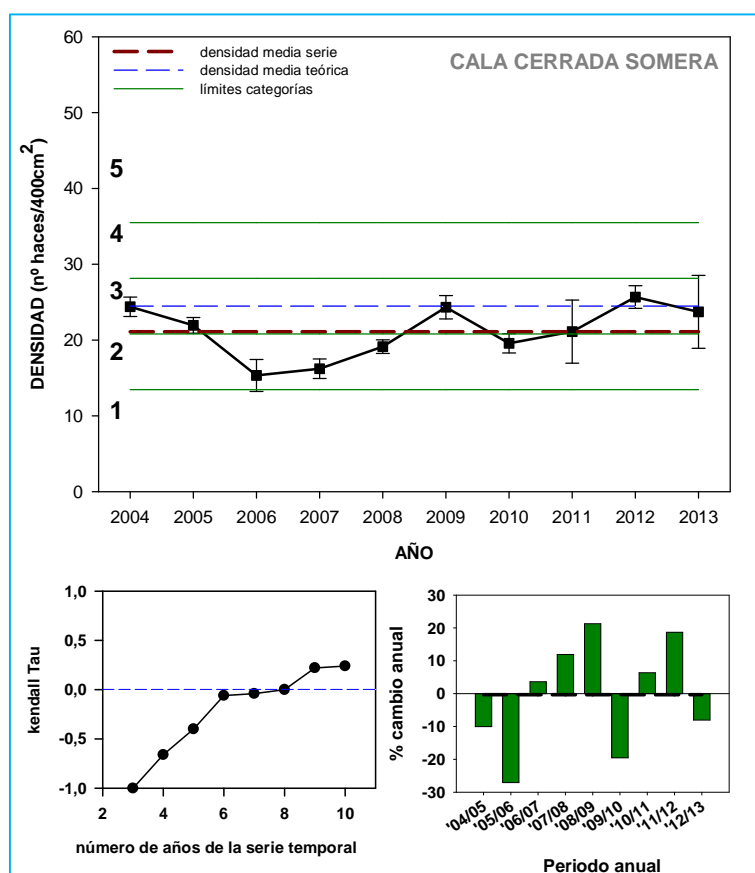


Figura 37. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La densidad de haces en los cuadrados permanentes muestra una tendencia progresiva baja, tendente a la estabilidad (Kendal $\tau = +0,14$; $p > 0,05$), con una tasa de cambio anual de 0 y crecimiento de $-0,05\%$ para todo el periodo (Fig. 38). Esta dinámica contrasta con la tendencia más progresiva mostrada por la evolución de la densidad de haces al azar en el mismo periodo. Esto se debe a una constante pérdida de haces en los cuadrados permanentes a partir de 2011. Además esta pérdida ocurre en algunos de los cuadrados, no en todos, lo que se refleja en errores de la media mucho más amplios.

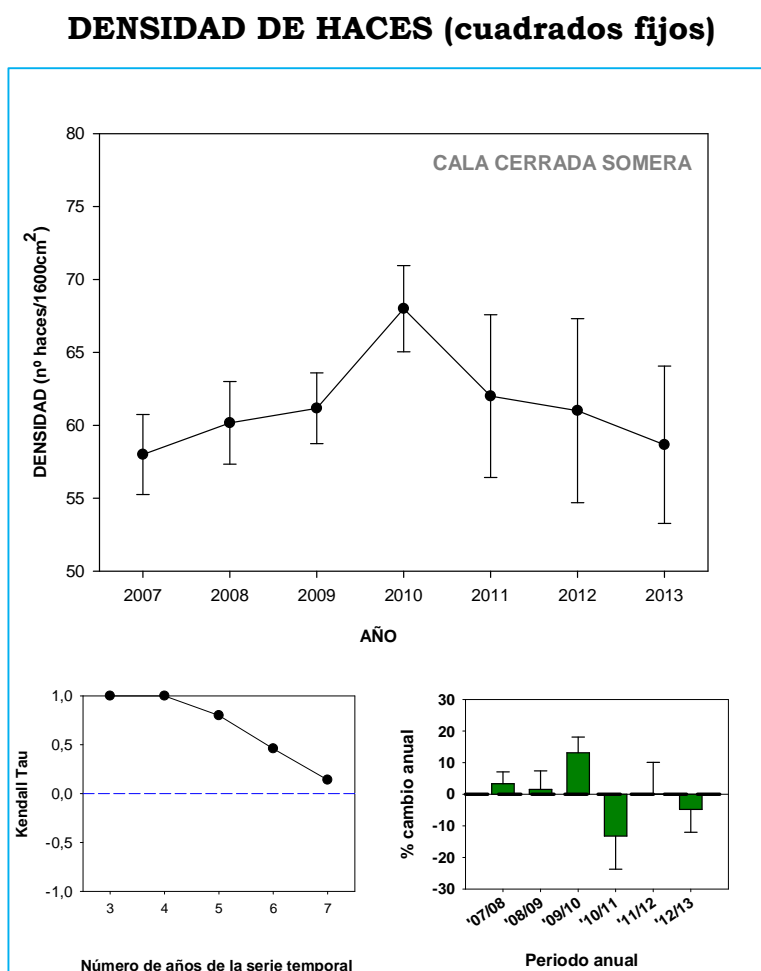


Figura 38. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

Para la cobertura de pradera los valores medios varían entre las categorías “normal” y “baja” y el valor medio de toda la serie cae en la categoría de valores “bajos” para este descriptor. La cobertura muestra un patrón de variación muy similar al de la densidad (K-tau = $+0,66$; $p > NS$), aunque en este caso los años de crecimiento positivo no llegan a compensar del todo las pérdidas de cobertura que se producen en los años de crecimiento negativo, lo cual se deduce

de los valores negativos (bajos) de la tasa de cambio anual -1,3 y del crecimiento total del periodo -11,7%. No obstante las diferencias entre el estado actual (2013) y el inicial (2004) son muy pocas y no son significativas (ANOVA, $p > 0,05$). Como resultado, este descriptor se considera que se encuentra en estado **estable**.

COBERTURA

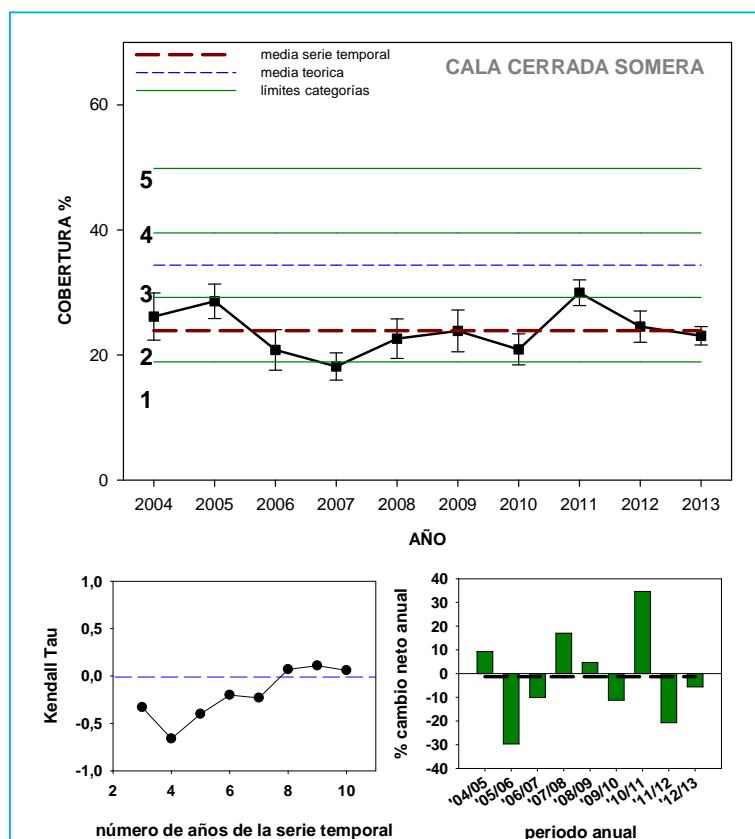


Figura 39. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal). Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 6: CALA CERRADA - PROFUNDA (CABO TIÑOSO, CARTAGENA)

Durante los dos primeros años esta pradera presentó valores de densidad de haces dentro de la categoría de “normal”, pero experimentó un rápido declive hasta hacerse cero en 2008. A pesar de presentar un ligero aumento en la densidad de haces a partir del año 2012 sigue presentando valores muy negativos de los estadísticos (K-tau = -0,27; $p > 0,05$; tasa cambio anual = -7,7; crecimiento total = -69,2%). El diagnóstico de su tendencia es obviamente, **regresiva alta**.

DENSIDAD DE HACES

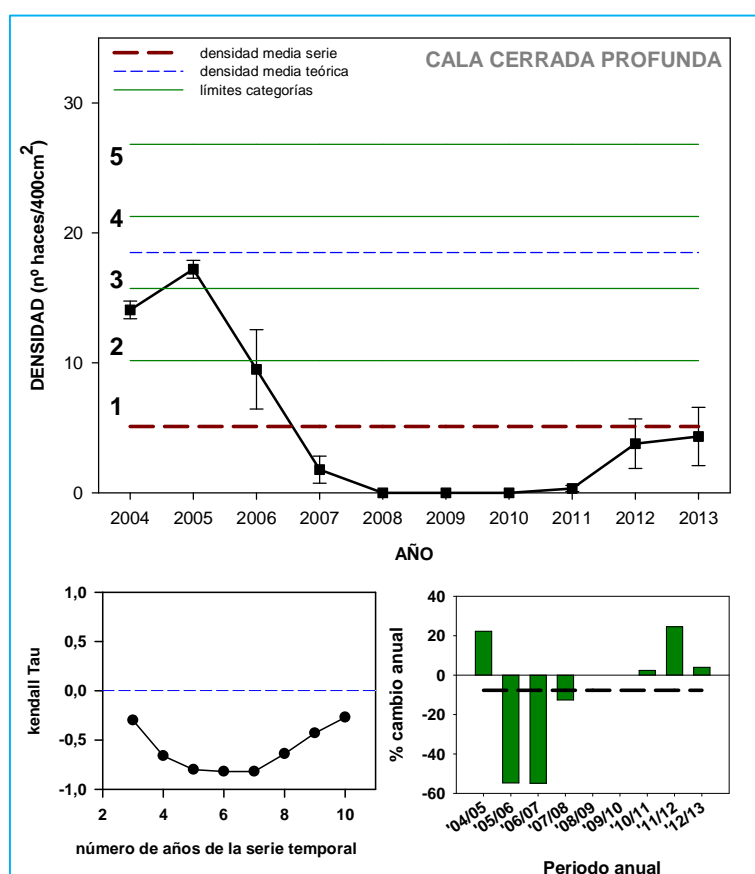


Figura 40. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La densidad de haces medida en los cuadrados permanentes muestra una tendencia regresiva baja (Kendall $\tau = -0,097$; $p > 0,05$), con una tasa de cambio anual de -7, debido principalmente a la reducción del -41,8% del número de haces medio entre 2007 y 2008. Esta reducción no se

produce por igual en todos los cuadrados, sino que se debe a la desaparición total de las plantas en parte de los cuadrados mientras que otros mantienen parte de su población de haces. Esto explica la elevada varianza de las medidas (ver amplias barras de error en la Fig. 41). A partir de 2008 la situación se mantiene estable, lo que explica que el valor de Kendall τ se bajo. Esta dinámica regresiva es completamente consistente con la considerable regresión que está experimentado esta pradera desde el inicio del estudio.

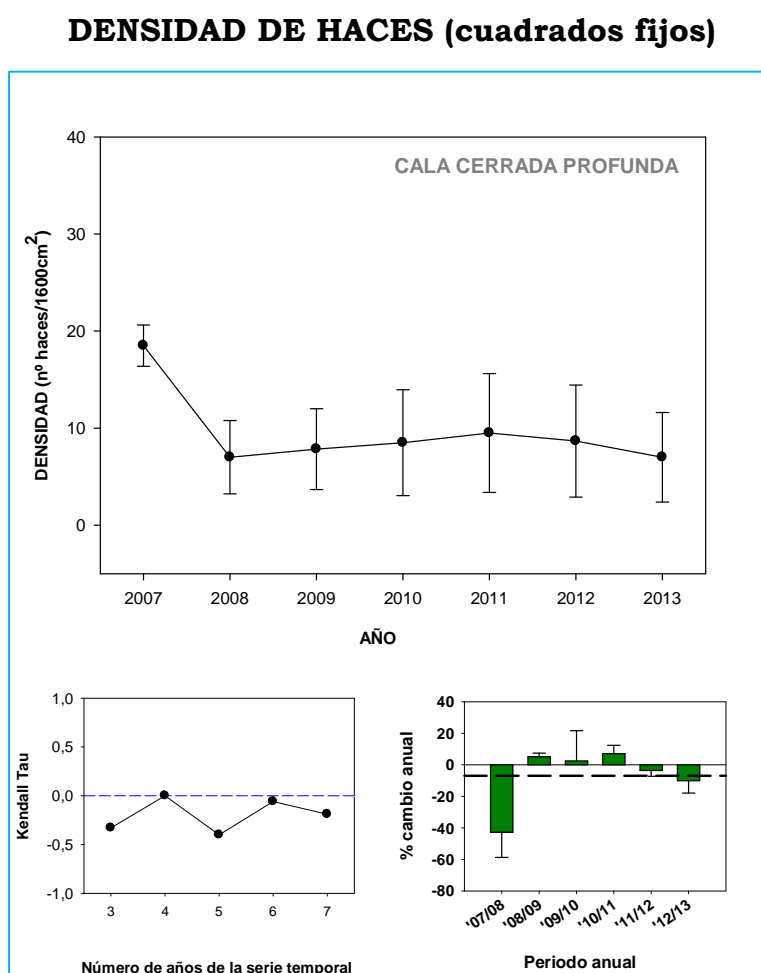


Figura 41. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

Al igual que la densidad de haces, el porcentaje de cobertura de esta pradera experimentó un importante declive entre 2004 y 2008. Los valores medios son “bajos” y “muy bajos” respecto al valor medio teórico para esa profundidad, correspondiendo el valor medio de toda la serie a la categoría de “muy bajo” (1). La tendencia general es negativa baja (K-tau = -0,11; $p > 0,05$) debido a una serie de años de crecimiento positivo de la variable (2008-2011), aunque esto no logra

compensar las considerables pérdidas de los años iniciales, lo que se refleja en valores negativos moderados de la tasa de cambio anual $-4,1$ y del crecimiento total del periodo $-36,6\%$. Se le asigna a este descriptor un estado **regresivo moderado**.

COBERTURA

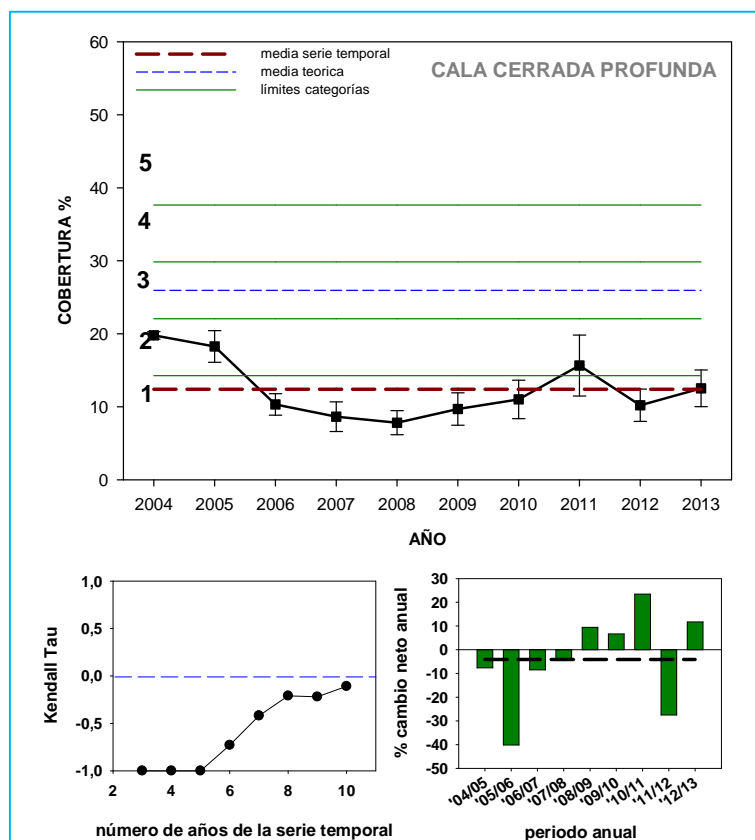


Figura 42. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 7: LA AZOHÍA (CARTAGENA)

La densidad de haces en esta pradera muestra una tendencia general progresiva moderada ($K\text{-tau} = +0,33$; $p > 0,05$) variando entre las categorías de “normal” y “muy alta”, presentando un valor medio de la serie temporal que cae dentro de la categoría “alta” para este descriptor. Esta progresión se traduce en valores positivos moderados del cambio neto anual $+2,9$ y del crecimiento total de la serie $+26\%$. Se le asigna al descriptor un estado **progresivo moderado**.

DENSIDAD DE HACES

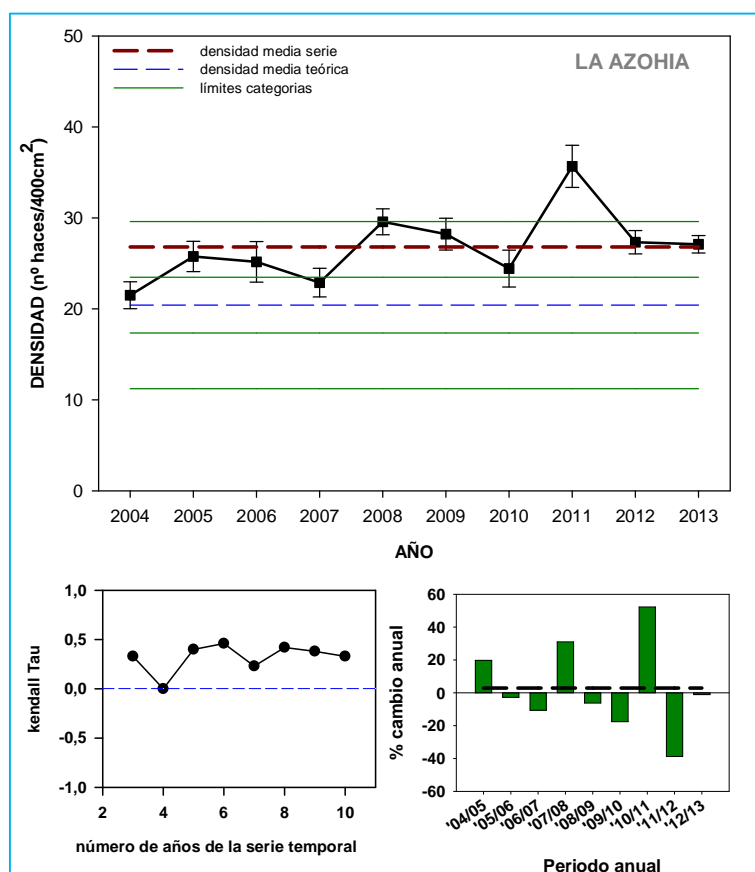


Figura 43. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

El número de haces en los cuadrados permanentes sigue una tendencia claramente progresiva (Kendall $\tau = +61$; $p < 0,05$) con una tasa de cambio anual de +3,2 y experimenta un crecimiento neto total de +18,9%. Estos resultados son consistentes con los obtenidos mediante los cuadrados de 0,04 m² en el mismo periodo.

DENSIDAD DE HACES (cuadrados fijos)

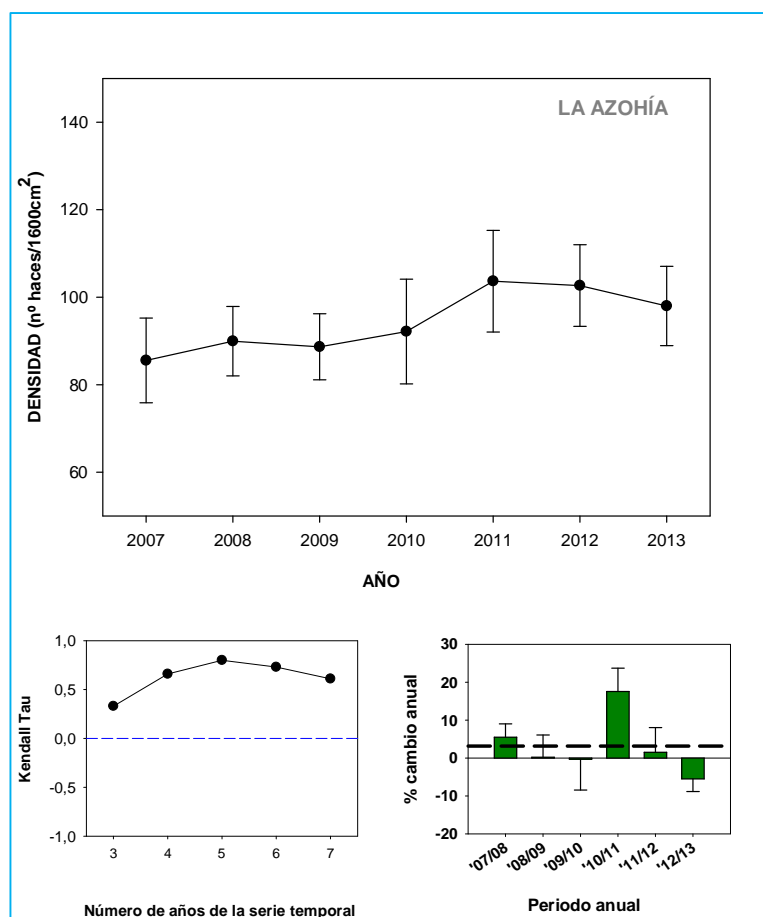


Figura 44. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

El valor medio de la cobertura muestra una clara tendencia regresiva entre 2004 y 2010, pasando de la categoría normal (3) a baja (2); a continuación experimenta un notable crecimiento positivo de más del 60% en 2011, lo que se traduce en que el descriptor pasa a valores medios altos (4). Estas fluctuaciones se traducen en una tendencia general estable (K-tau = +0,06; $p > 0,05$) y en la compensación de las pérdidas de cobertura experimentadas entre 2004 y 2010, tal y como indican los valores positivos (aunque próximos a cero) de la tasa de cambio anual +0,1 y del crecimiento neto total +0,8%. Por tanto, a este descriptor se le asigna un estado **estable** en esta pradera.

COBERTURA

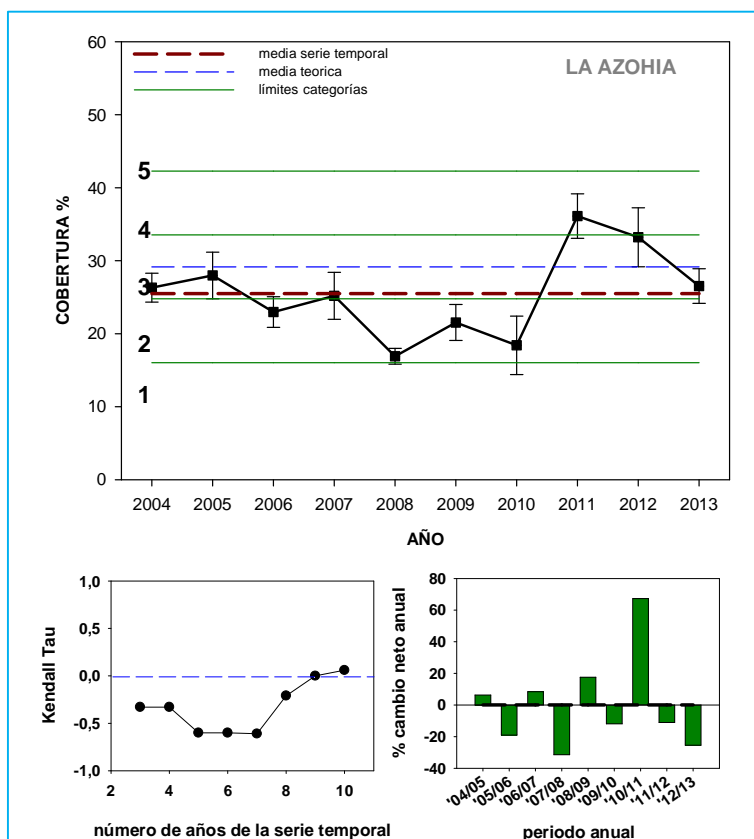


Figura 45. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 8: ISLA PLANA – LEVANTE (CARTAGENA)

La densidad de haces de esta pradera muestra una tendencia general positiva alta ($K\text{-tau} = +0,46$; $p < 0,05$), aumentando progresivamente desde valores “bajos” a valores medios y altos entre 2004 y 2011, con un valor medio de la serie temporal que cae en la categoría de “normal”. Sin embargo esta tendencia se traduce en valores positivos moderados de crecimiento anual $+2,9$ y total $+26,3\%$, debido a la regresión de la variable entre 2011 y 2013. Se le asigna al descriptor un estado **progresivo moderado**.

DENSIDAD DE HACES

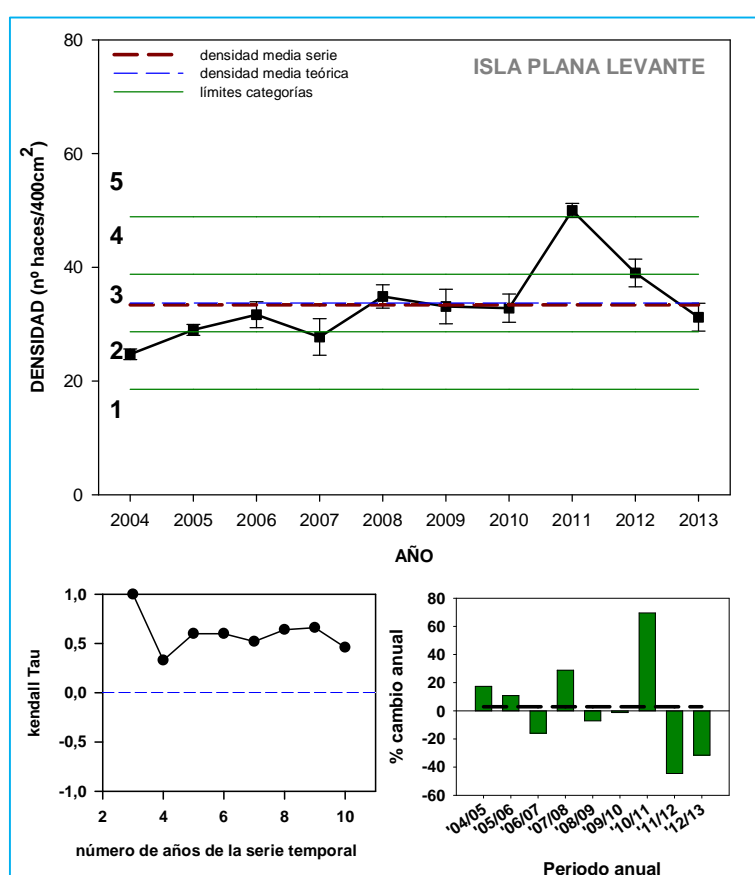


Figura 46. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal). Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La tendencia de la densidad de haces en los cuadrados permanentes es levemente positiva (Kendall $\tau = 0$; $p > 0,05$) debido al crecimiento que tiene lugar hasta 2010. Sin embargo, a partir

de este año vuelve a disminuir y la tasa de cambio anual es de -0,1 el crecimiento total del periodo es prácticamente cero -6,03 %. Esta dinámica es muy similar a la mostrada por la densidad de haces medida en los cuadrados al azar de 0,04 m².

DENSIDAD DE HACES (cuadrados fijos)

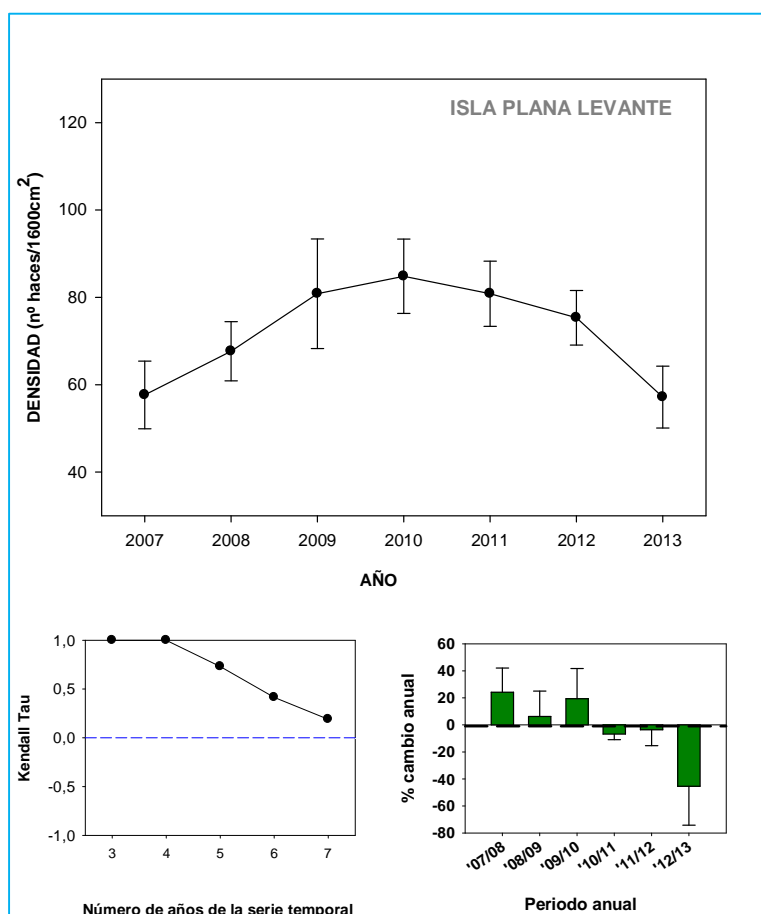


Figura 47. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media ± error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media ± error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La cobertura de esta pradera sigue una evolución muy similar a la descrita para la densidad de haces dentro de las manchas (medidas al azar, 0,4 m²). La tendencia general es progresiva alta (K-tau = +0,6; p<0,05), pasando de valores de la categoría baja (2) a las categorías de valores normales y altas (3-4) al final del periodo. En este caso la regresión del descriptor experimentada en 2012 es más suave que en el caso de la densidad de haces, de forma que la tendencia progresiva se traduce en valores positivos moderados de crecimiento neto anual +3,8 y total +33,8%. Se le asigna un estado **progresivo moderado**.

COBERTURA

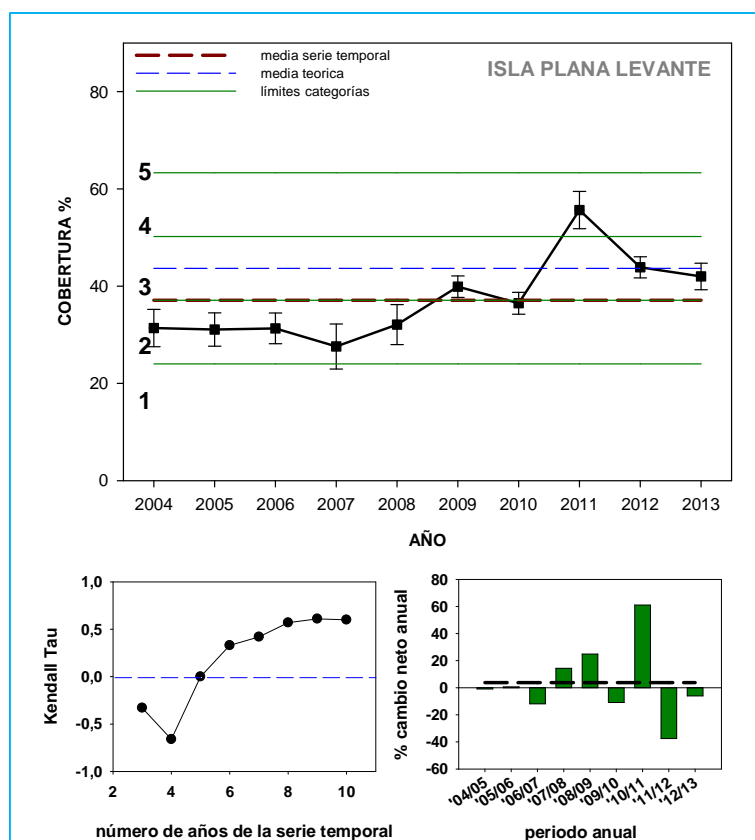


Figura 48. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 9: CALABARDINA (CABO DE COPE, AGUILAS)

La densidad de haces de esta pradera muestra amplias variaciones a lo largo de la serie temporal, entre valores medios “normales” y “altos” (categorías 3 y 4), con un valor medio de toda la serie temporal dentro de la categoría “normal” (aunque en su límite superior).

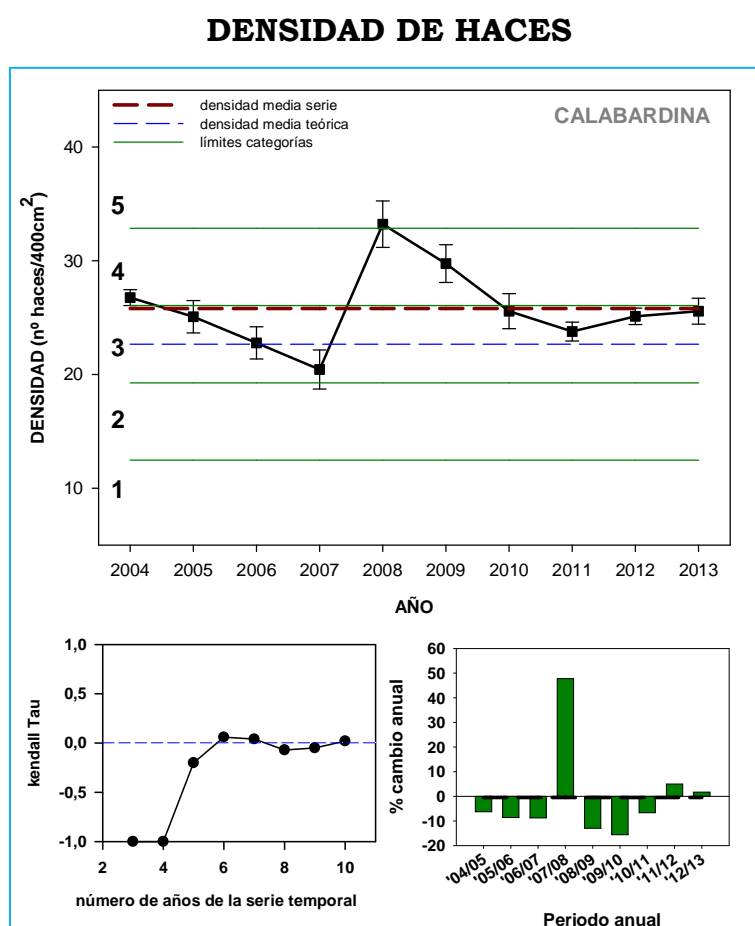


Figura 49. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

Según la tau Kendall, la tendencia general pasa de ser muy negativa al inicio de la serie temporal (debido a la regresión del descriptor entre 2004 y 2007), a estable ($K \text{ tau} = -0,02$; $p > 0,05$) a medida que aumenta la longitud de la serie temporal. Esto se debe al elevado crecimiento positivo del periodo anual 2007/08 (cerca del 50%), que compensa casi por completo los periodos de crecimiento negativo antes y después de dicho año, como indican los muy bajos valores negativos (próximos a cero) del crecimiento medio anual -0,5 y total del periodo -4,4%. En conclusión, el estado de este descriptor es **estable**.

Al igual que se observa en la densidad de haces al azar, el promedio anual del número de haces en los cuadrados permanentes incrementa muy significativamente de 2007 a 2008, y a partir de este año disminuye progresivamente hasta su valor actual, muy próximo al valor medio del inicio de la serie temporal. Por esta razón este periodo presenta una tendencia predominantemente negativa (Kendall $\tau = -0,42$; $p > 0,05$), pero con una tasa de cambio anual de -1 y un crecimiento total próximo a cero -6,2%.

DENSIDAD DE HACES (cuadrados fijos)

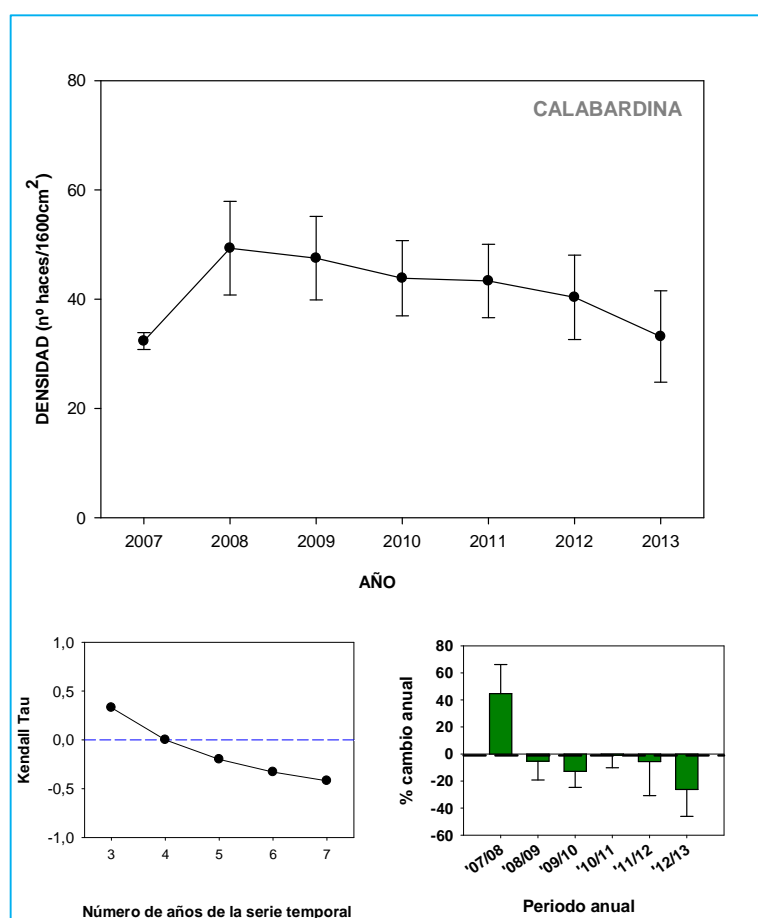


Figura 50. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La cobertura muestra valores medios anuales generalmente “bajos” en esta pradera (respecto a los rangos teóricos para esa profundidad). Sus valores describen un patrón de variación temporal con tendencias regresivas los primeros años de la serie (valores negativos de K-tau), y tendencias más progresivas a partir de 2007, con años con notable crecimiento positivo (2009,

2011). (Kendall $\tau = +0,20$; $p > 0,05$). A pesar de ello, tanto el crecimiento medio anual $-1,5$ como el crecimiento total del periodo $-13,8\%$ son netamente negativos (aunque de baja intensidad), lo que indica que ha tenido lugar una leve pérdida de cobertura de pradera en esta estación en el periodo estudiado. Sin embargo, como se puede apreciar la diferencia entre 2004 y 2013 es muy pequeña y estadísticamente no es significativa (ANOVA, $p > 0.05$), de forma que se le asigna un estado de **estable** a este descriptor.

COBERTURA

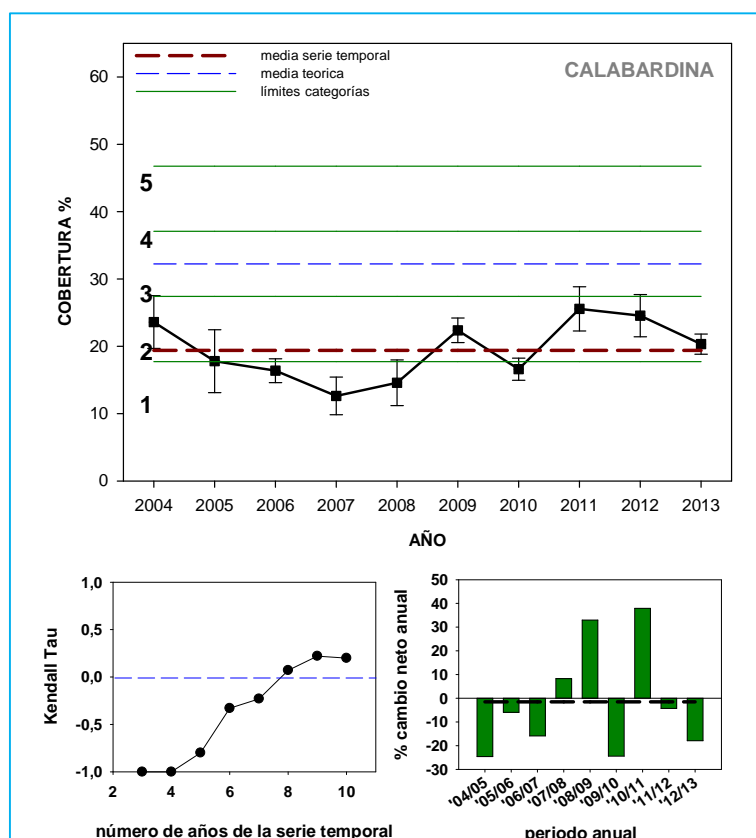


Figura 51. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 10: ISLA DEL FRAILE (AGUILAS)

La densidad de haces varia entre valores medios correspondientes a las categorías “normal” y “alta”, con un promedio dentro de la categoría “alta” para toda la serie temporal. Aunque los primeros años la dinámica del descriptor fue muy fluctuante, la tendencia general es regresiva baja (Kendall $\tau = -0,20$; $p > 0,05$). Esto se traduce en valores negativos moderados de crecimiento neto, tanto a nivel de tasa anual $-2,9$, como de todo el periodo $-25,6\%$, lo que indica un estado de **regresión moderada** del descriptor en la pradera de Isla del Fraile.

DENSIDAD DE HACES

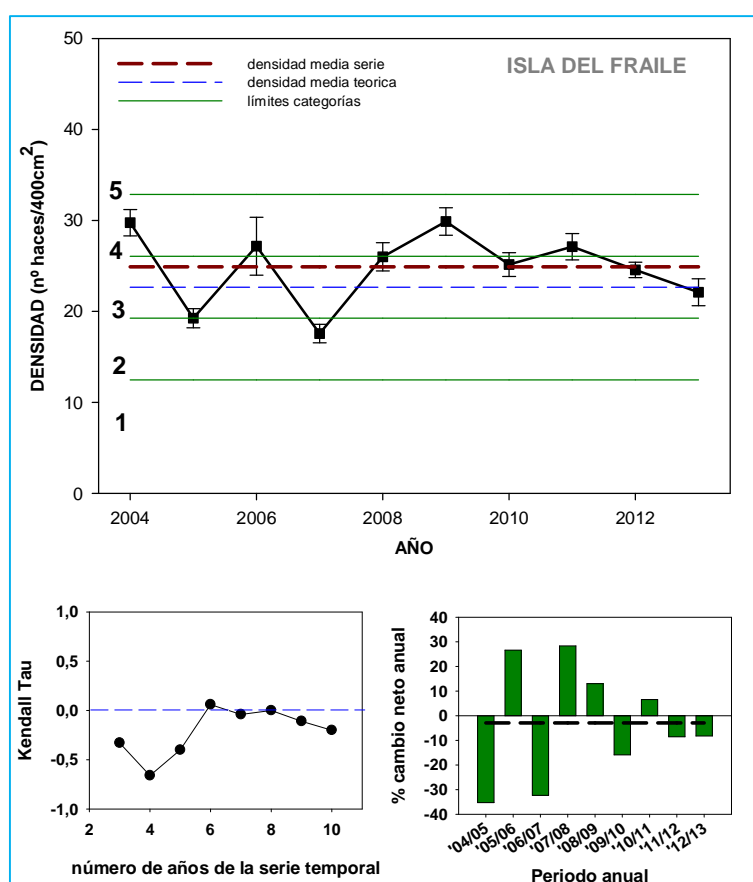


Figura 52. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La evolución del número medio de haces en los cuadrados permanentes es muy similar a la de la densidad de haces al azar para el mismo periodo (Fig. 52), y también muy similar a la descrita en la estación anterior (Calabardina, Fig. 50). Aumenta hasta un valor máximo en 2008, y a partir de ese año desciende hasta el valor medio actual, muy próximo al valor medio del inicio de la serie. Como consecuencia, la tendencia de la serie temporal es predominantemente negativa (Kendall $\tau = -0,33$), aunque la tasa de cambio anual $+0,2$ y el crecimiento total del número de haces es muy pequeño, casi cero $+1,1$ %.

DENSIDAD DE HACES (cuadrados fijos)

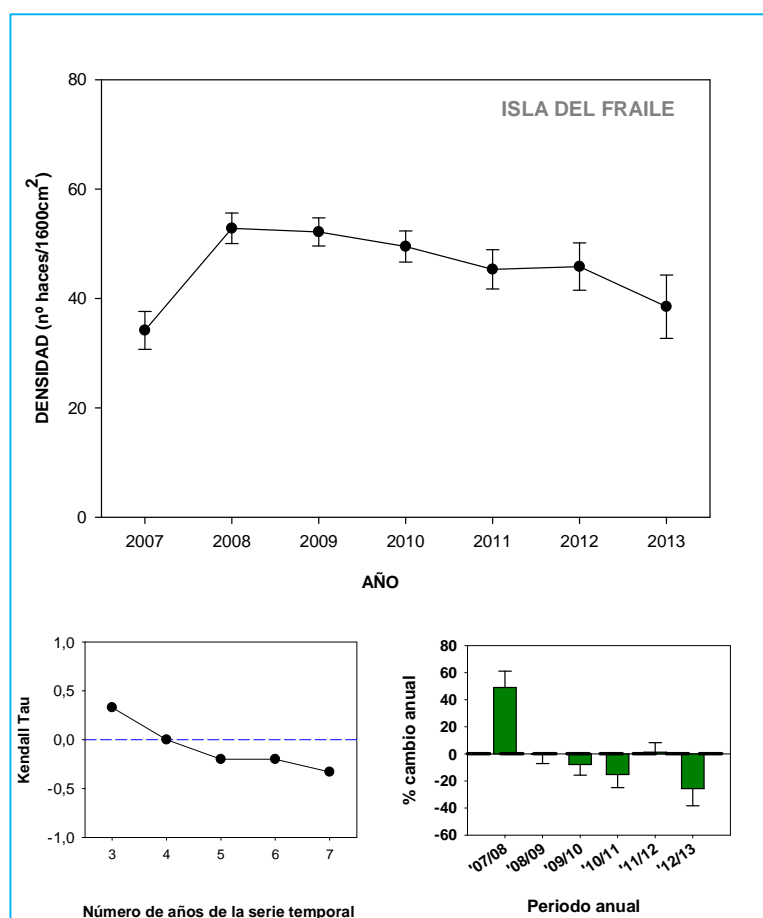


Figura 53. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La variable cobertura, por su parte, muestra una tendencia más progresiva con valores en 2004 entre el límite de categorías “normal” y “bajo”, que en la actualidad son categorizados como “normales” (en la parte superior de esta categoría). De acuerdo con esta dinámica, la tendencia general de la serie temporal pasa de valores muy negativos al principio de la serie temporal a

valores positivos altos en el momento actual ($K\text{-tau} = +0,46$; $p < 0,05$). Este cambio de tendencia se debe a crecimientos netos anuales muy positivos a partir de 2009, capaces de compensar los balances negativos de otros años. Como consecuencia el descriptor muestra valores positivos moderados de la tasa media de crecimiento anual $+3,4$ y del crecimiento total del periodo $+30,4\%$, que indican que ha tenido lugar un incremento del área colonizada por la pradera en esta estación. Se le atribuye un estado **progresivo moderado**.

COBERTURA

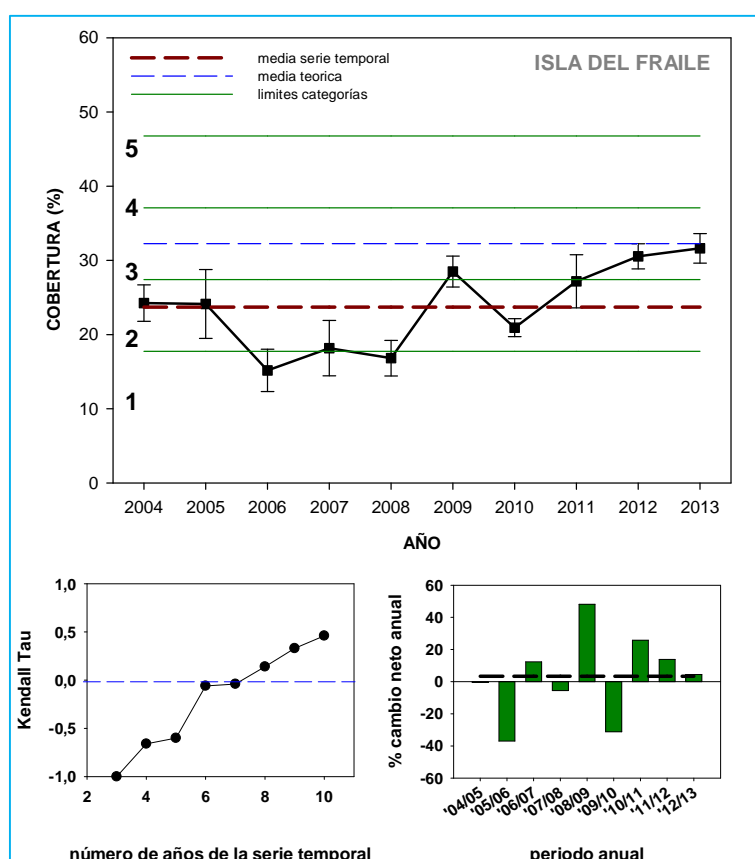


Figura 54. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 11: ISLA PLANA – PONIENTE (CARTAGENA)

La densidad de haces de esta pradera aumenta progresivamente desde valores medios “normales-altos” en los primeros años hacia valores medios “altos-muy altos” en los años más recientes, siendo el promedio de toda la serie correspondiente a una categoría “alta”. La tendencia general es claramente progresiva ($K\text{-tau} = +0,24$; $p > 0,05$), que se refleja en valores de crecimiento positivos (aunque de baja intensidad), tanto de la tasa media anual $+1,8$ como del crecimiento total de la serie $+16,1\%$. El estado del descriptor es **progresivo moderado**.

DENSIDAD DE HACES

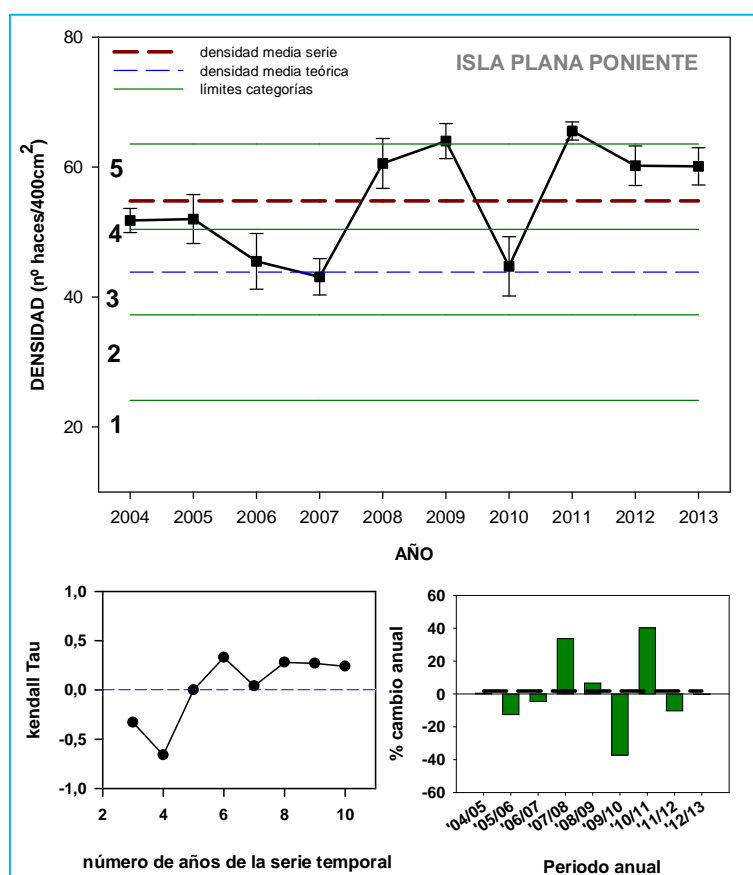


Figura 55. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal). Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La densidad de haces en los cuadrados permanentes incrementa por término medio un 25% entre 2007 y 2008, sin apenas variaciones desde ese año hasta la actualidad. Esto se traduce en una tendencia general estable ($Kendall\ \tau = -0,047$; $p > 0,05$), aunque el crecimiento neto total es positivo $+11,6\%$ y su tasa de cambio anual es de $+1,9$.

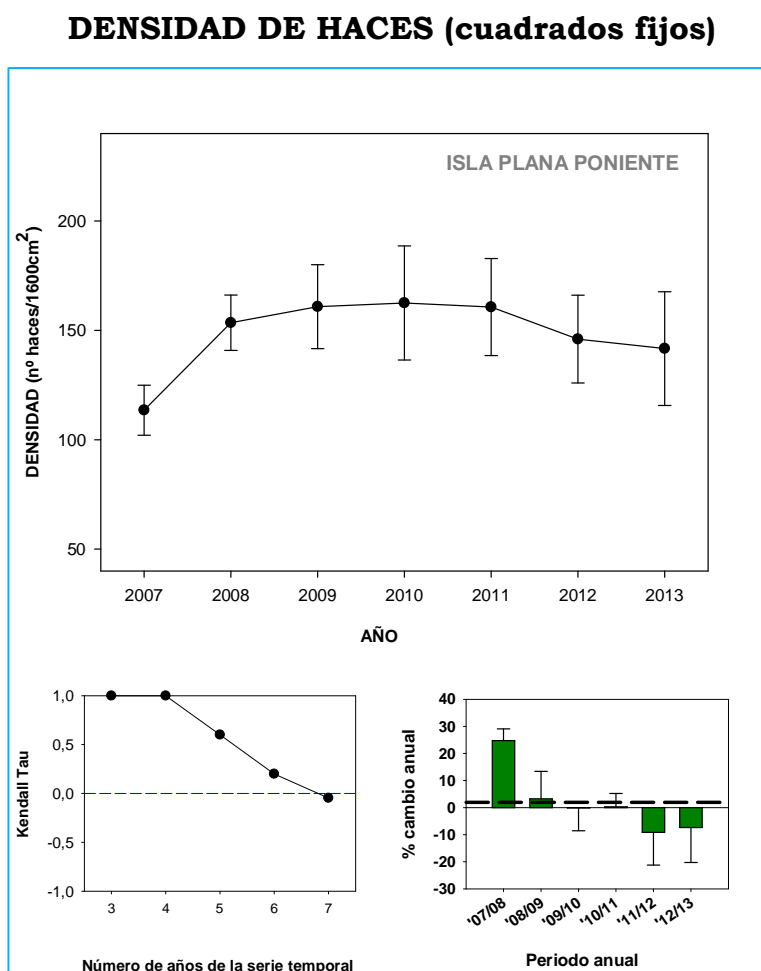


Figura 56. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La cobertura muestra una dinámica similar a la descrita para la densidad de haces, sin embargo la tendencia general es menos positiva (K tau = +0,15; $p > 0,05$). No obstante el crecimiento neto anual y el crecimiento total del periodo muestran valores positivos moderados (+2,7 y +24,5%, respectivamente), debido a una serie de años con crecimiento neto muy positivo (2005, 2008 y 2009). Por tanto, el diagnóstico para el estado de este descriptor es **progresivo moderado**.

COBERTURA

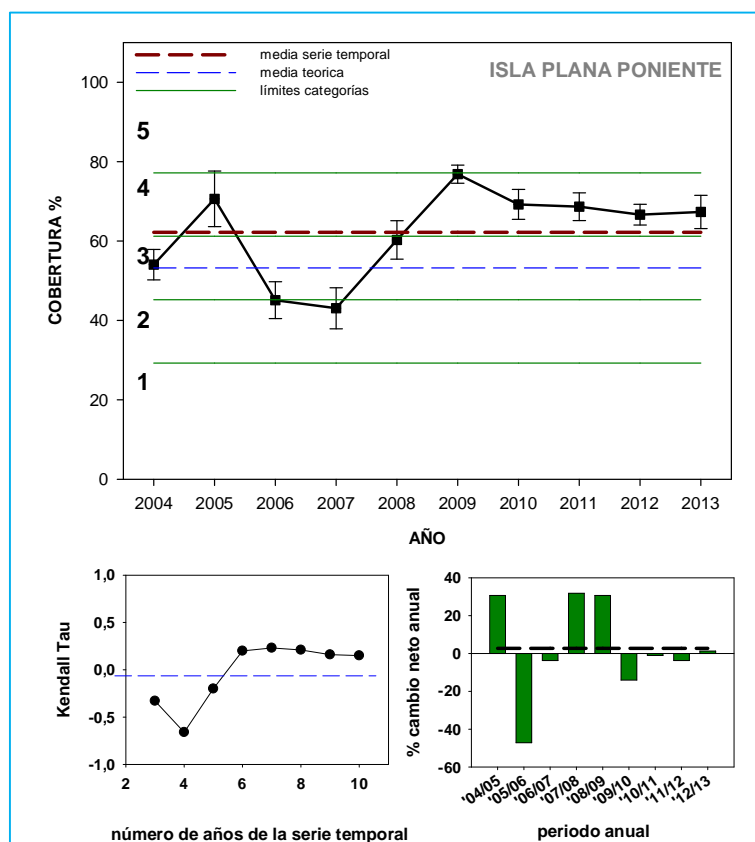


Figura 57. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la cobertura de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 12: CALA REONA (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

Al principio de la serie temporal, la densidad de haces muestra amplias fluctuaciones de valores altos a bajos entre 2006 y 2007, alcanzando un máximo en 2009 a partir del cual la dinámica se muestra mucho más estable. El valor medio del descriptor en todo el periodo cae dentro de la categoría normal. Como resultado de esta dinámica, la tendencia general es progresiva moderada ($K \text{ tau} = +0,35$; $p > 0,05$) y se refleja en valores positivos bajos del crecimiento neto del descriptor, tanto a nivel anual $+0,3$ como a nivel de todo el periodo $+2\%$. Se le asigna un estado de **progresivo bajo** a este descriptor.

DENSIDAD DE HACES

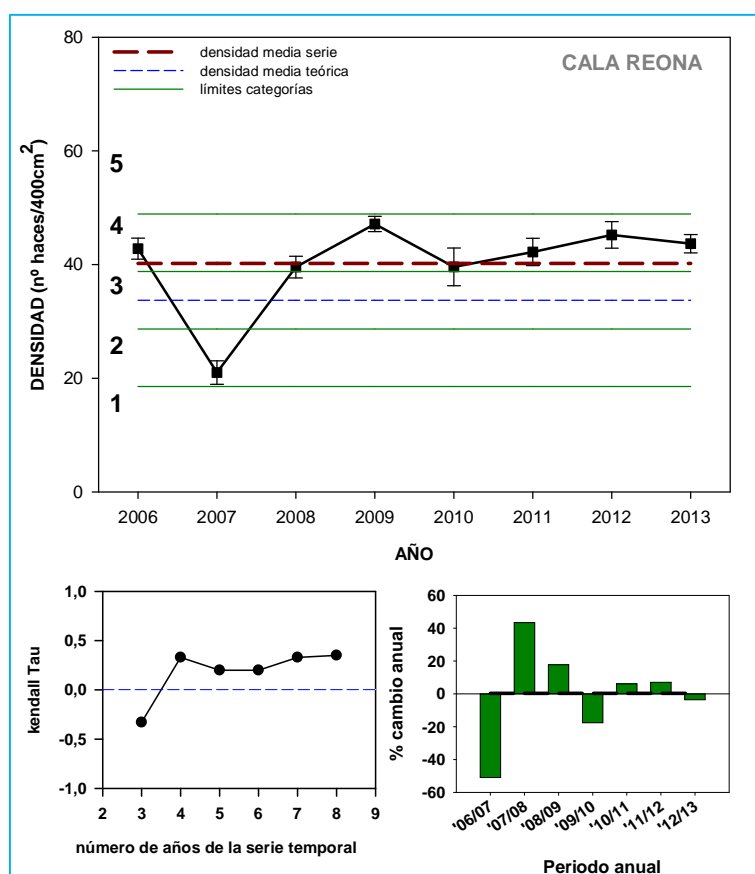


Figura 58. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La tendencia de la densidad de haces en los cuadrados permanentes es altamente progresiva (Kendall $\tau = +0,80$; $p < 0,05$) y resulta en una tasa de cambio anual de +10,5 y de un crecimiento neto positivo al final del periodo también muy alto +62,8 %. Esta dinámica es muy consistente con la mostrada por la evolución de la densidad de haces obtenida mediante cuadrados al azar en el mismo periodo (2007-2013; Fig. 58), aunque los valores máximos se alcancen en años diferentes.

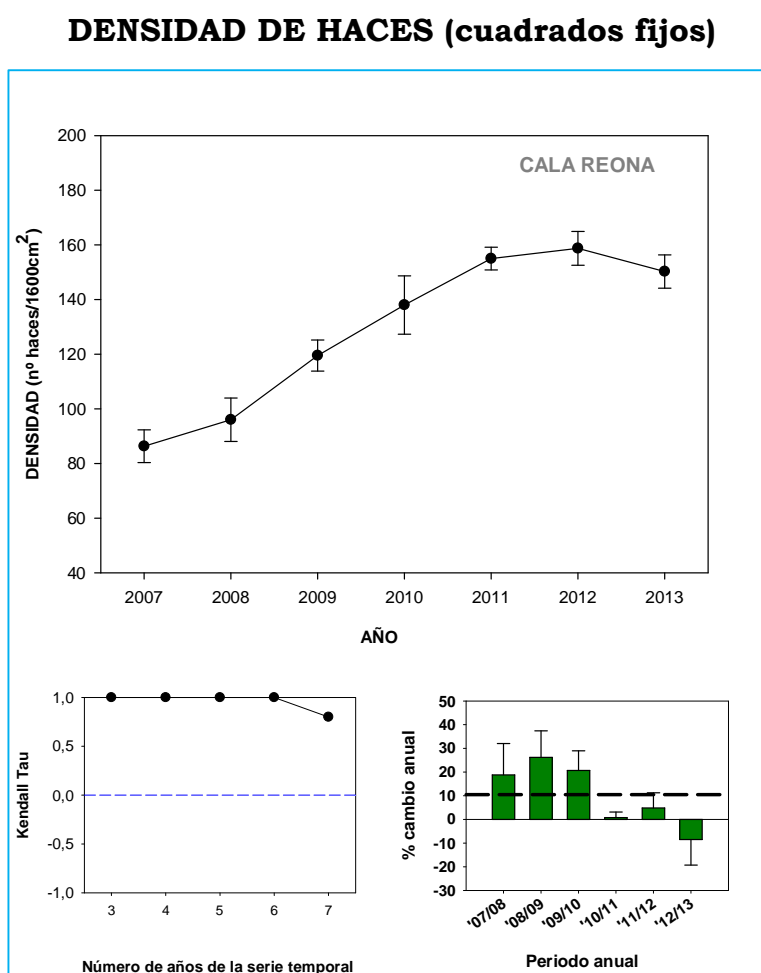


Figura 59. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La cobertura de esta pradera presenta valores interanuales entre valores “bajos” y “normales”, con un promedio tendiendo a “bajo” para toda la serie. La tendencia general es claramente positiva (K tau = +0,50; $P > 0,05$), aunque el crecimiento neto anual (0%) y total del periodo (0,2%) son prácticamente cero debido a la notable regresión del descriptor en 2013 (próximo al -50%). Se le asigna un estado **estable**.

COBERTURA

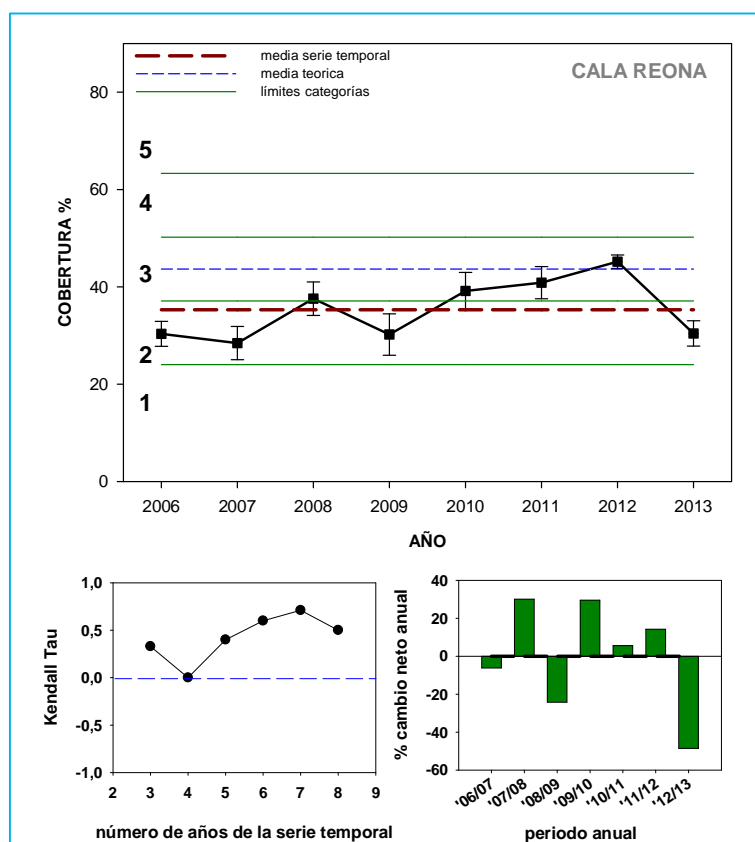


Figura 60. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal). Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la cobertura de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 13: CALA ESCALERA-PROFUNDA (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

Esta pradera muestra valores medios de la densidad de haces que varían entre las categorías “normal” y “muy alto” a lo largo de la serie temporal, con un valor medio para toda la serie dentro de la categoría “alta”. Este descriptor muestra una tendencia general positiva moderada ($K \text{ tau} = +0,27$; $p > 0,05$), a pesar de periodos anuales de crecimiento negativo (sobretudo 2006-2007). El crecimiento neto medio anual y total presenta valores positivos moderados de +5,4 y +42,8%, respectivamente, de forma que se le asigna un estado de **progresivo moderado** al descriptor.

DENSIDAD DE HACES

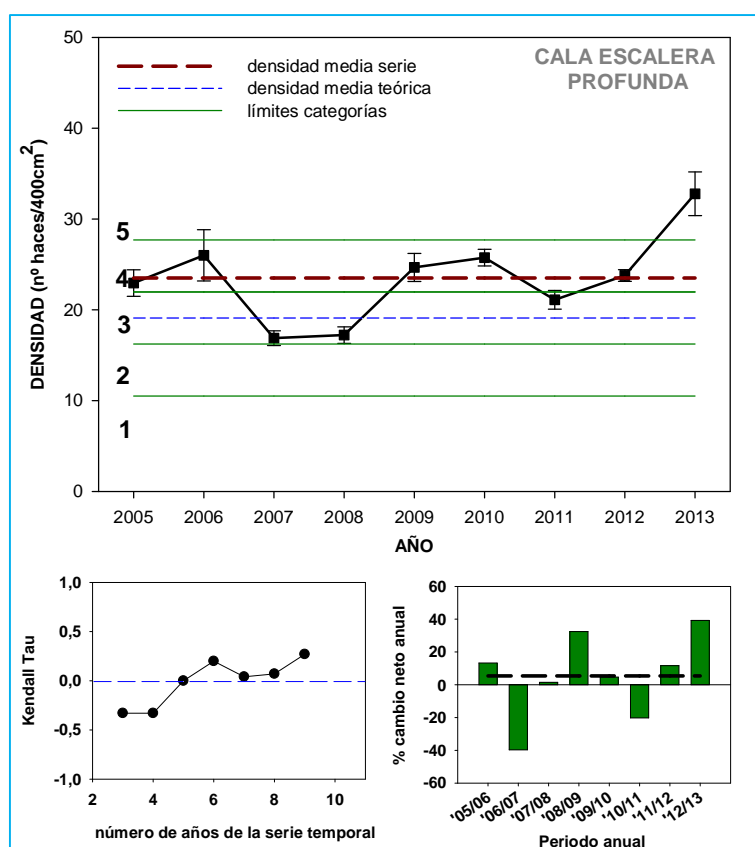


Figura 61. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La tendencia general del número de haces en los cuadrados fijos es altamente progresiva (Kendall $\tau = +0,90$; $p < 0,05$), lo que se refleja en una tasa de cambio anual de +9,4 y crecimiento neto muy elevado al final del periodo + 56,6 %. La dinámica de esta pradera es muy similar a la descrita para la estación de Cala Reona (Fig. 59), y es muy consistente con la evolución y crecimiento de la densidad de haces obtenida mediante cuadrados al azar en esta pradera en el mismo periodo (Fig. 61).

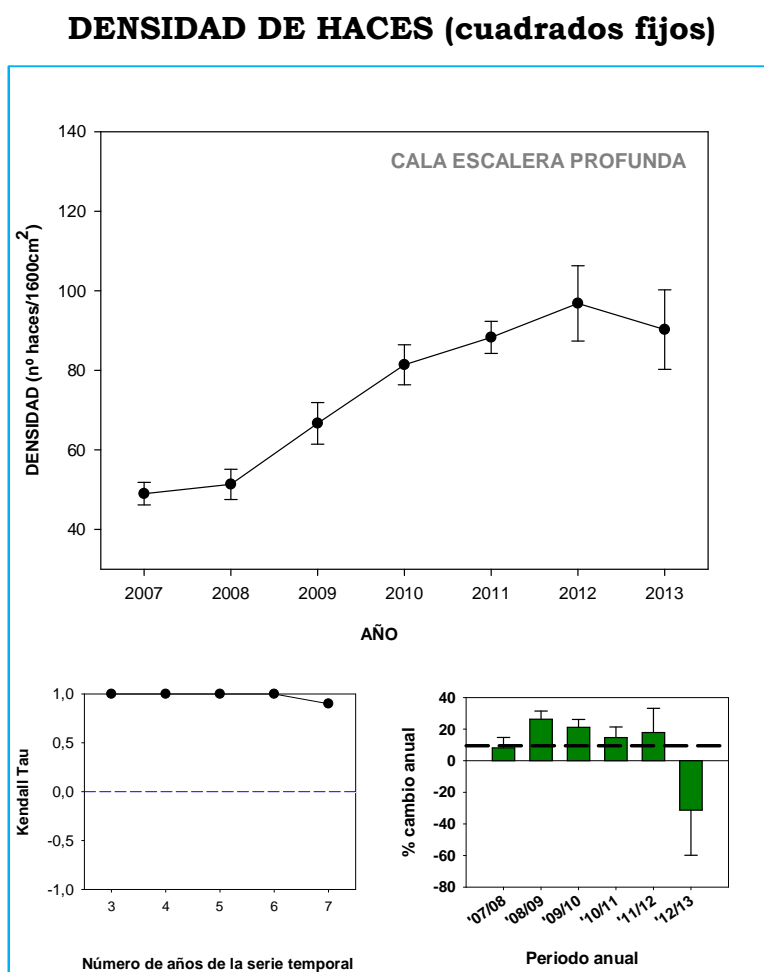


Figura 62. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

Por el contrario la cobertura muestra una dinámica fuertemente regresiva los primeros años debido a una caída del valor medio desde categorías “altas” hasta “muy baja” entre 2005 y 2009. A partir de este año el balance neto anual de este descriptor empieza a mostrar valores positivos (tau Kendall = +0,22; $p > 0,05$), pero no lo suficientemente elevados como para compensar las grandes pérdidas de años anteriores. Esto resulta en valores negativos moderados de la tasa media de crecimiento anual y del crecimiento total del periodo (-3,1 y -24,5% respectivamente). En su conjunto, se le atribuye un estado **regresivo moderado** al descriptor.

COBERTURA

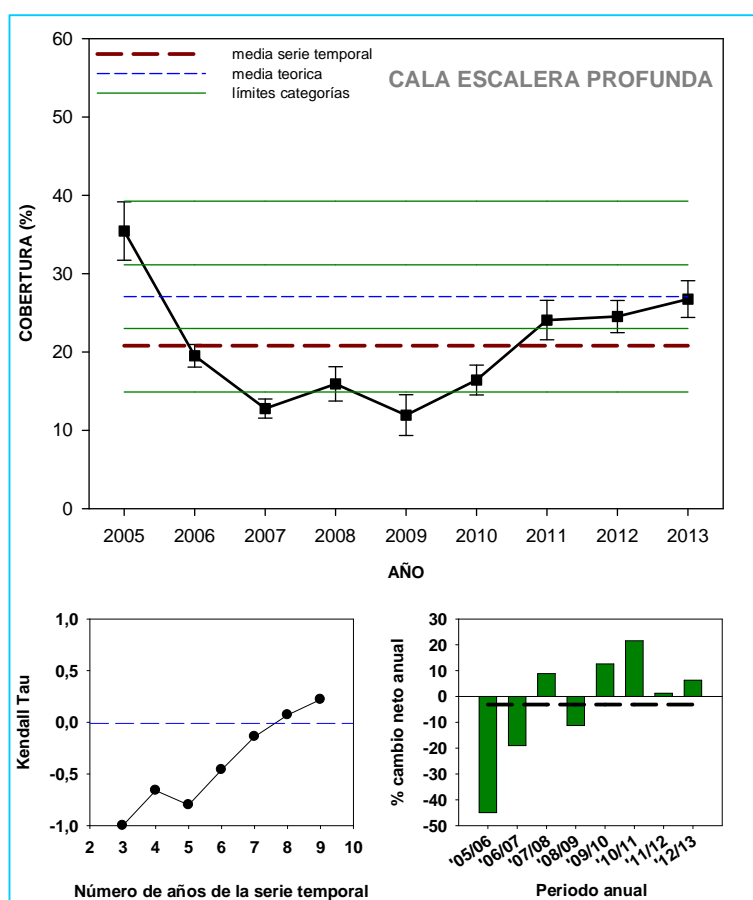


Figura 63. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 14: PUERTO TOMÁS MAESTRE (CABO DE PALOS, CARTAGENA)

Los valores medios de la densidad de haces de esta pradera aumentan progresivamente desde categorías “normales” a “altas”, siendo su valor medio de toda la serie temporal perteneciente a la categoría “normal” y por encima de la densidad media teórica. La tendencia general es positiva alta ($K \text{ tau} = +0,44$; $p > 0,05$), con valores positivos moderados del crecimiento medios anuales y total del periodo (+ 3,1 y +24,4%). Por tanto se le asigna un estado **progresivo alto**.

DENSIDAD DE HACES

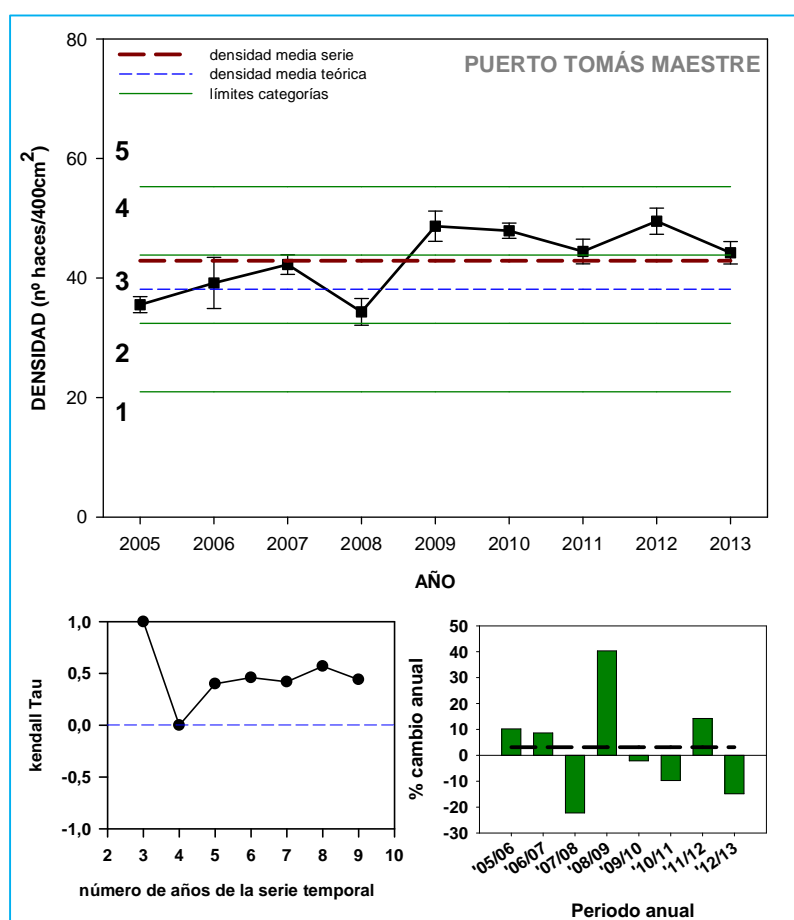


Figura 64. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal). Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

En los cuadrados permanentes se observa una tendencia levemente negativa del número de haces ($K \text{ tau} = -0,52$; $p > \text{NS}$), aunque la tasa de cambio anual de -0,3 y el crecimiento total es

casi igual a cero -1,7 %. La tendencia negativa se debe a la regresión gradual del número de haces a partir de 2010, que a su vez se debe a la reducción del número de haces en unos pocos cuadrados (lo que explica las elevadas varianzas de esos años). Para el mismo periodo, la evolución de la densidad de haces obtenida en cuadrados al azar es levemente positiva, aunque el crecimiento es también muy pequeño, prácticamente igual a cero. En ese sentido, la evolución en ambos casos (cuadrados permanentes y al azar) es estable y, por tanto, consistente entre sí.

DENSIDAD DE HACES (cuadrados fijos)

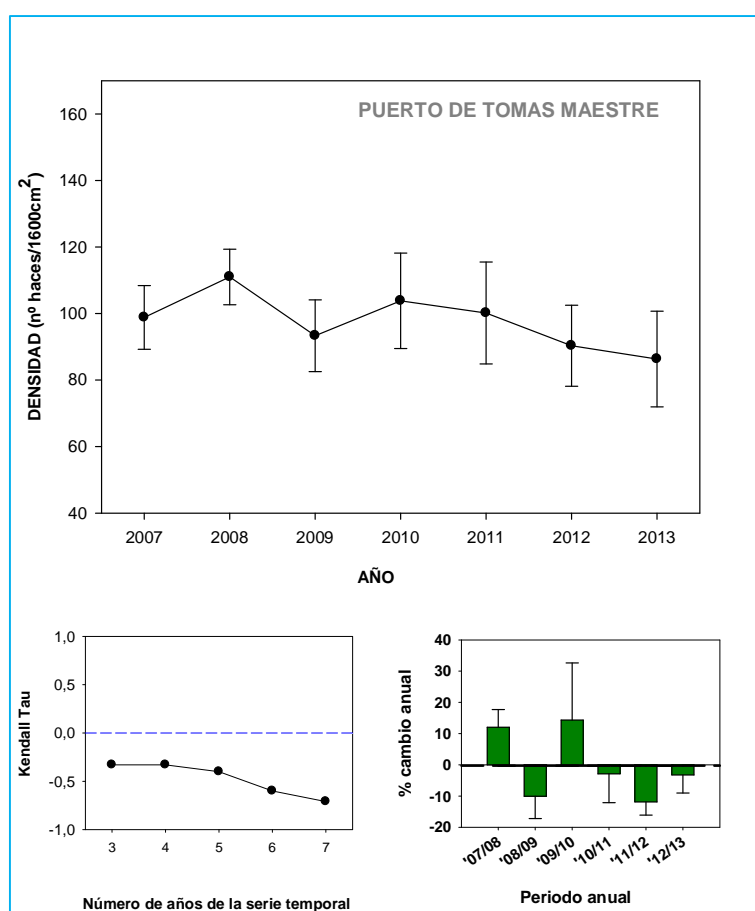


Figura 65. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media ± error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media ± error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La cobertura mantiene unos valores medios dentro de la categoría “normal” casi todos los años de la serie excepto en 2006 en que disminuye significativamente hasta la categoría “baja”, con un porcentaje de cambio neto de -40% de cobertura este año. A partir de 2006, este descriptor experimenta un crecimiento progresivo a lo largo de los años de forma que la tendencia general

resultante es positiva moderada ($K \text{ tau} = +0,44$; $p > 0,05$). Esta dinámica progresiva es suficiente para compensar las pérdidas de cobertura experimentadas entre 2005 y 2006, aunque el crecimiento neto anual y total resultante es próximo a cero (-0,4 y -3,3%, respectivamente). Se le asigna a esta pradera un estado **progresivo bajo**.

COBERTURA

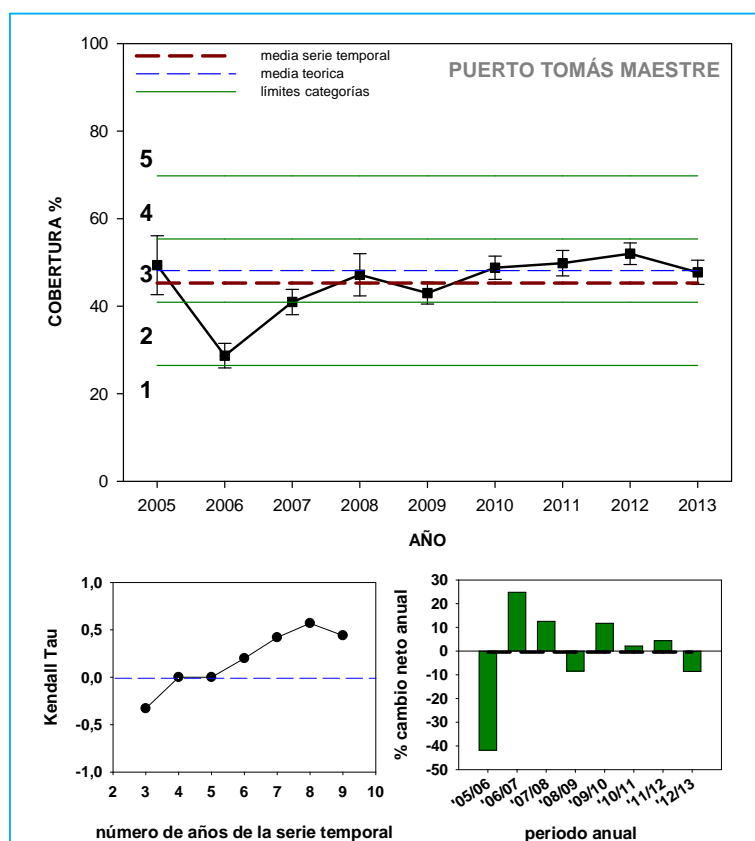


Figura 66. *Gráfico superior:* evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. *Gráfico inferior izquierdo:* variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. *Gráfico inferior derecho:* porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 15: ISLA DE LAS PALOMAS (CARTAGENA)

En esta pradera la densidad de haces ha mantenido valores medios correspondientes a la categoría “normal” durante casi todo el periodo de seguimiento. Se observa una alternancia casi cíclica de años negativos y positivos que ha dado lugar a que la tendencia general de la serie temporal se aproxime cada vez más a una dinámica estable ($K \tau = +0,11$; $p > 0,05$). Aunque los valores del crecimiento neto anual $-1,6$ y total $-12,4\%$ son levemente negativos, consideramos que el estado de esta pradera según este descriptor es **estable**.

DENSIDAD DE HACES

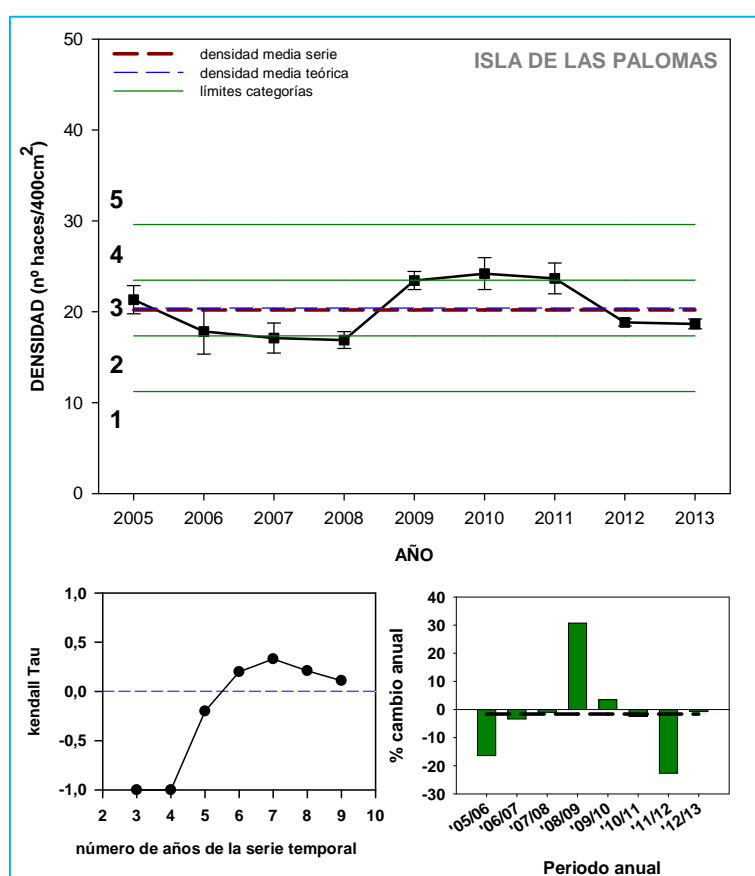


Figura 67. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal). Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La densidad de haces en los cuadrados permanentes muestra una tendencia levemente negativa ($Kendall \tau = -0,23$; $p > 0,05$) debido a la reducción gradual del número medio de haces tras alcanzar su valor máximo en 2009. Aún así, la tasa de cambio anual de $+0,7$ y el crecimiento neto total del periodo es ligeramente positivo ($+4,3\%$). Esta dinámica es muy parecida a la que

experimenta la densidad de haces media obtenida a partir de los cuadrados al azar (Fig. 67), y a su vez es muy similar a la mostrada por estos descriptores en otras praderas estudiadas, como Isla Plana (Levante y Poniente), Calabardina e Isla del Fraile.

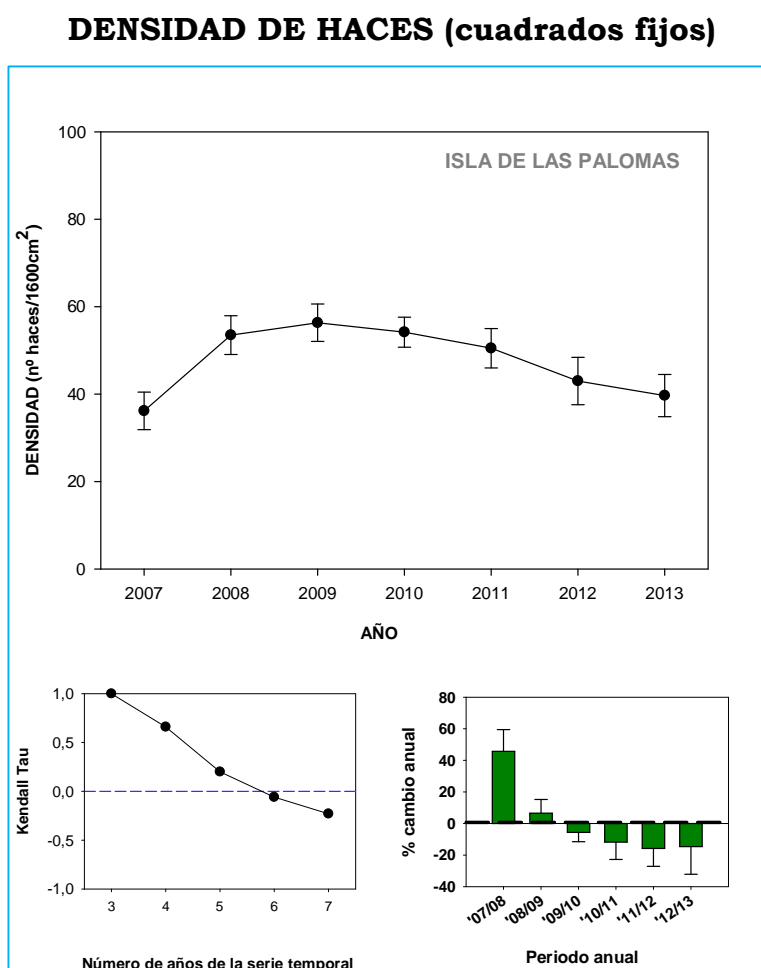


Figura 68. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media ± error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media ± error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La cobertura tiene valores comprendidos entre la categoría “normal” y “baja”, con un valor medio por toda la serie dentro de la categoría “baja”. La tendencia general pasa de valores muy negativos al principio de la serie temporal (K tau = -1) a valores positivos altos a partir de 2009 (+0,44; $p > 0,05$), debido a una serie de años con notables crecimientos netos anuales positivos (entorno al 20%). La tasa promedio de crecimiento anual +3,9 y el crecimiento neto total del periodo +30,1% muestran valores positivos moderados. Se le asigna un estado **progresivo moderado** a este descriptor.

COBERTURA

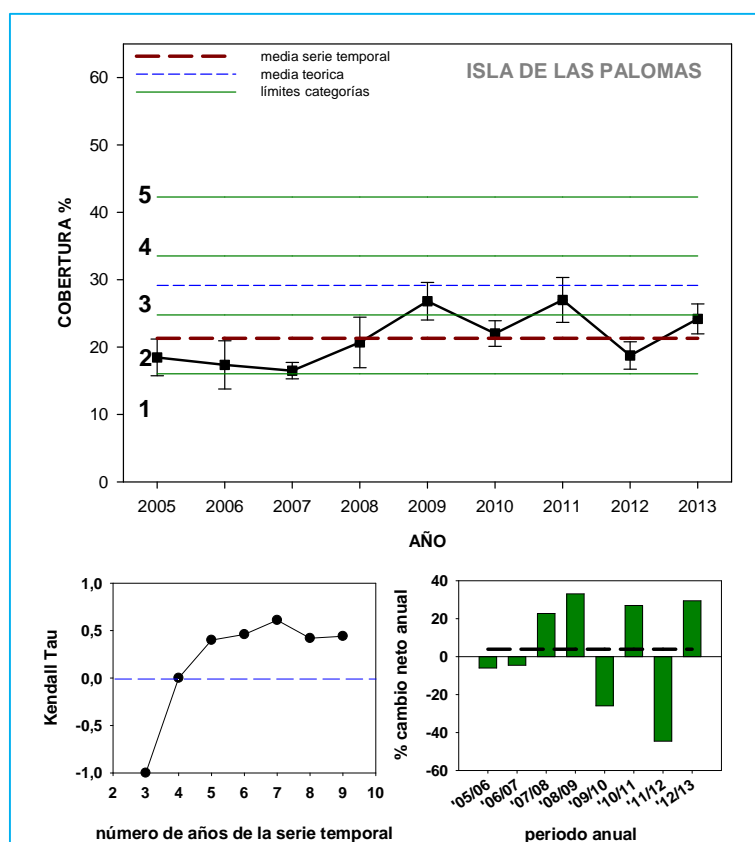


Figura 69. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 16: EL MUELLECICO (CABO TIÑOSO, (CARTAGENA))

La densidad de haces de esta pradera muestra una dinámica progresiva, con valores medios “normales” hacia valores “altos”, en la actualidad. Las tendencias indicadas por tau Kendall son predominantemente positivas (Kendall $\tau = +0,042$; $p > 0,05$), y la tasa media de crecimiento neto anual es positiva +4,9 debido a balances netos anuales muy positivos en 2008/09 y 2010/11. El crecimiento neto total del periodo es de +29,4%, asignándosele a este descriptor un estado **progresivo moderado**.

DENSIDAD DE HACES

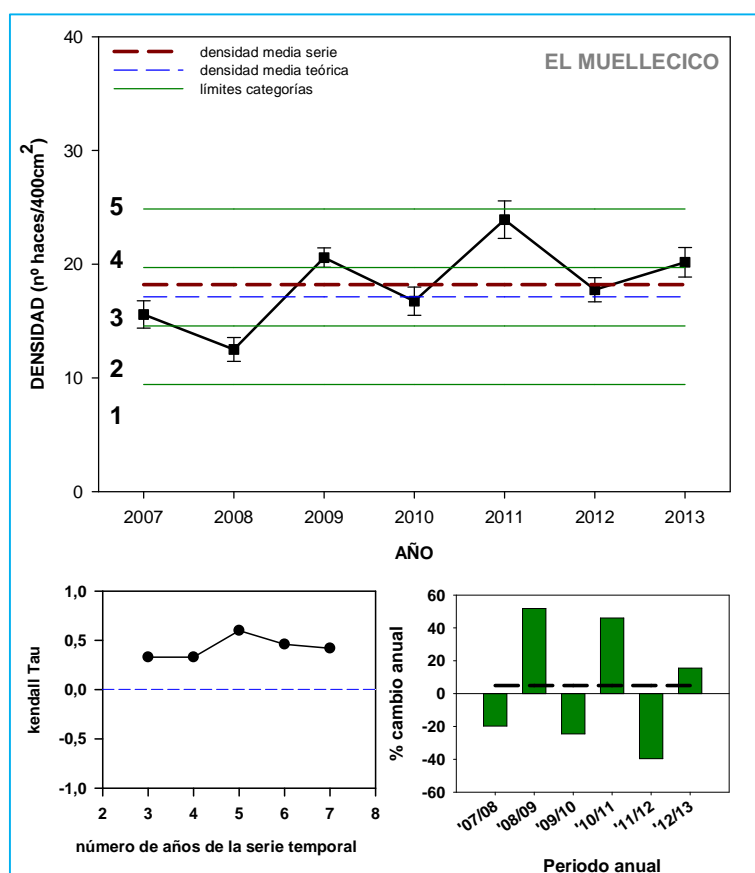


Figura 70. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La tendencia general del número medio de haces en los cuadrados permanentes es estable (Kendall $\tau = +0,047$; $p > 0,05$), ya que a pesar del crecimiento neto positivo entre 2007 y 2009, a partir de este último año se produce una regresión gradual y constante hasta la actualidad. No obstante, el valor medio actual está por encima del de al inicio de la serie temporal y la tasa de cambio anual $+4$ y el crecimiento neto es positivo $+24,1$ %. En términos generales, esta dinámica es muy consistente con la descrita para la densidad de haces medida en cuadrados al azar (Fig. 70), y muy similar a la descrita en otras praderas estudiadas, como Isla de las Palomas, Isla Plana (Levante y Poniente), Calabardina e Isla del Fraile.

DENSIDAD DE HACES (cuadrados fijos)

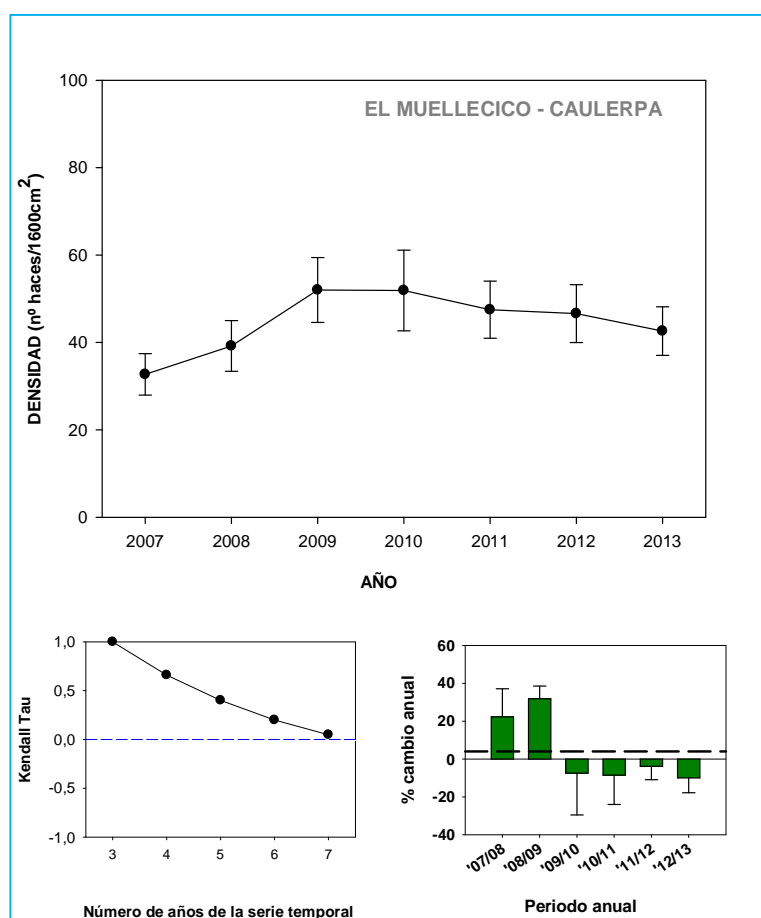


Figura 71. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

La cobertura de la pradera muestra una tendencia general altamente positiva ($K \text{ tau} = +0,52$; $p > 0,05$), pasando su valor medio anual de valores de categoría “muy bajo” a “bajo”. El valor medio de toda la serie se mantiene en el límite inferior de la categoría baja y estos bajos valores de cobertura probablemente tengan que ver con la naturaleza acantilada de esta zona, en la que la pradera se desarrolla en zonas de pendiente elevada, alternando con fondos rocosos y con una elevada exposición a la energía hidrodinámica. La tendencia progresiva se traduce en valores positivos muy altos del crecimiento medio anual $+14,6$ y del crecimiento total del periodo $+87,7\%$. Es, junto con la estación de Calblanque (a continuación), la pradera en la que este descriptor experimenta un crecimiento más elevado respecto al resto de praderas estudiadas. . Aún así, los balances netos anuales son muy positivos (media del $13,5\%/año$) y dan lugar a un crecimiento neto del periodo del $80,7\%$. Se le asigna un estado **progresivo alto**.

COBERTURA

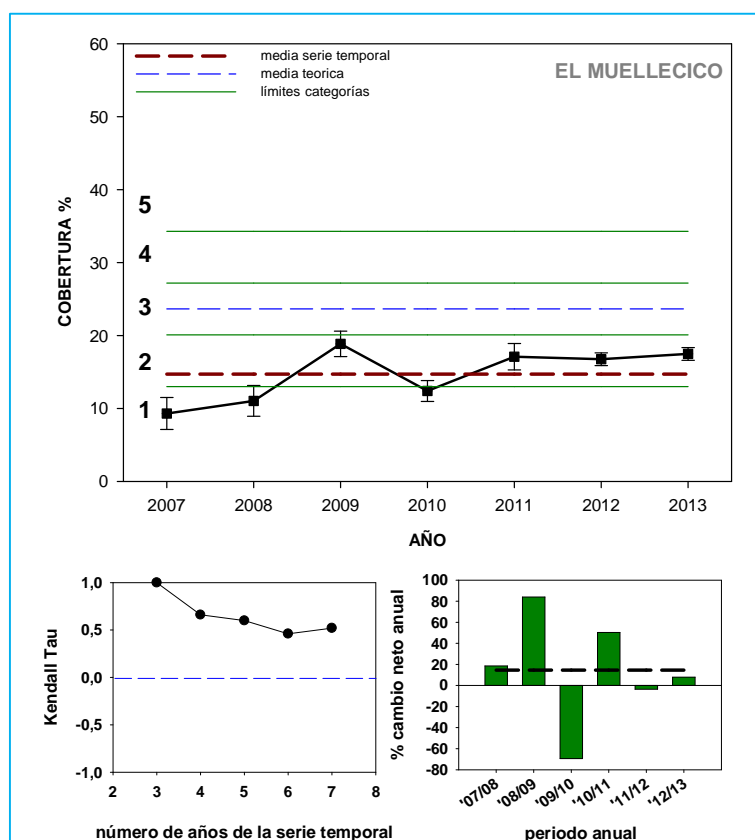


Figura 72. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 17: CALBLANQUE (CARTAGENA)

La densidad de haces de esta pradera aumenta de forma progresiva todos los años desde valores dentro de la categoría “normal” al inicio de la serie temporal a valores dentro de la categoría “muy alta” en 2013. Esta tendencia progresiva es muy lineal, lo que se refleja en un valor muy alto de (K-tau = +0,52; $p > 0,05$). Esto se refleja en valores positivos altos de crecimiento medio anual y del crecimiento neto total del periodo (+11,5 y +69,5%, respectivamente). El estado del descriptor es **progresivo alto**.

DESIDAD DE HACES

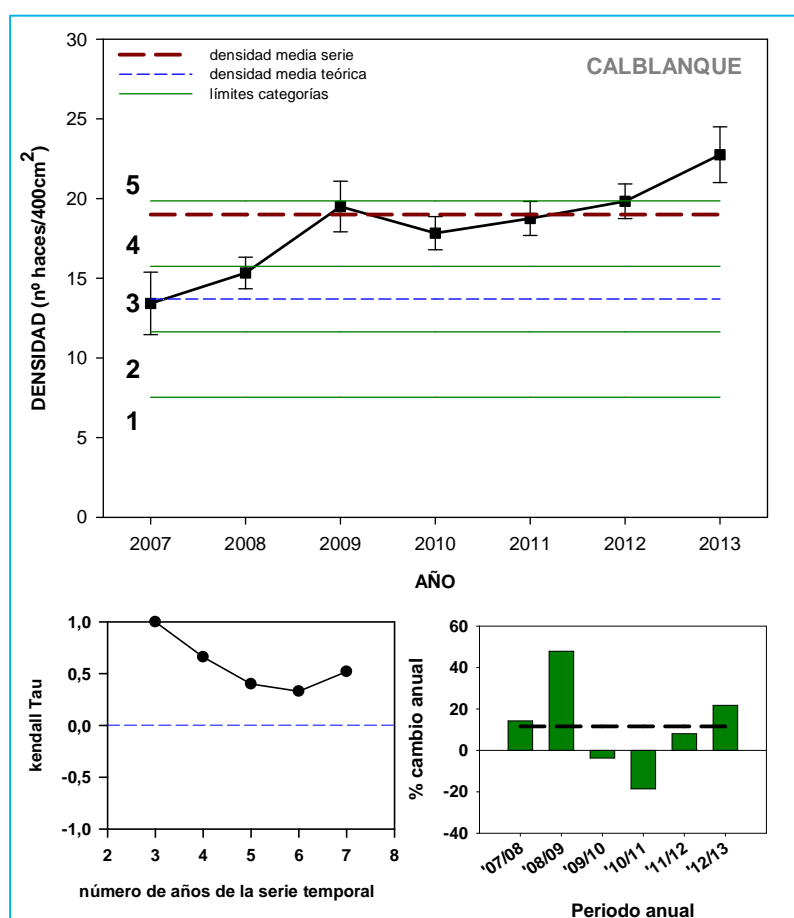


Figura 73. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La densidad de haces medida en cuadrados permanentes refleja una tendencia regresiva (Kendall $\tau = -0,78$; $p < 0,05$), particularmente a partir de 2011, lo que resulta en una tasa de cambio anual de $-3,3$ y crecimiento neto negativo de $-19,6\%$. La reducción de la densidad de haces se produce en parte de los cuadrados instalados, no en todos, lo que explica las varianzas más elevadas de los dos últimos años. Estos resultados no son consistentes con la evolución de la densidad media de haces obtenida mediante los cuadrados al azar en el mismo periodo, que es marcadamente positiva (Fig. 73).

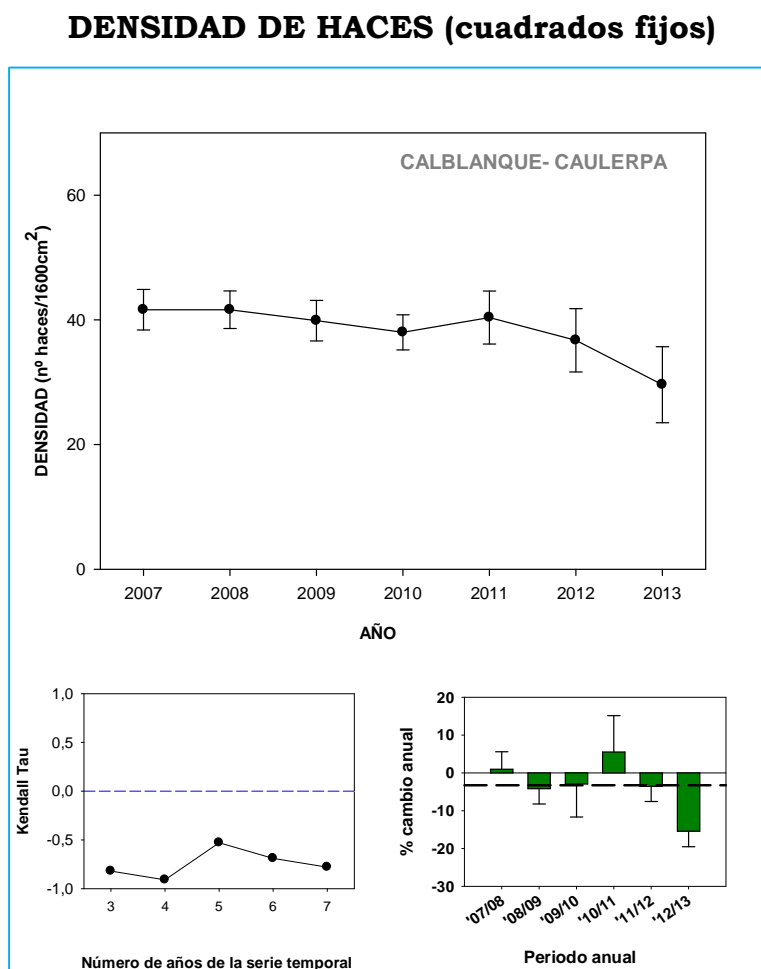


Figura 74. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

El descriptor cobertura, aún con valores durante todos los años dentro de las categorías “muy bajos”, “bajos”, parece igualmente indicar una tendencia **progresiva alta** de esta pradera al mostrar valores del índice tau de Kendall positivos muy altos ($+0,80$; $p < 0,05$), así como valores de crecimiento anual y total positivos, también excepcionalmente elevados ($+16,4$ y $+98,1\%$, respectivamente), que supone el crecimiento más elevado experimentado por este descriptor en todas las praderas estudiadas de la Región de Murcia.

COBERTURA

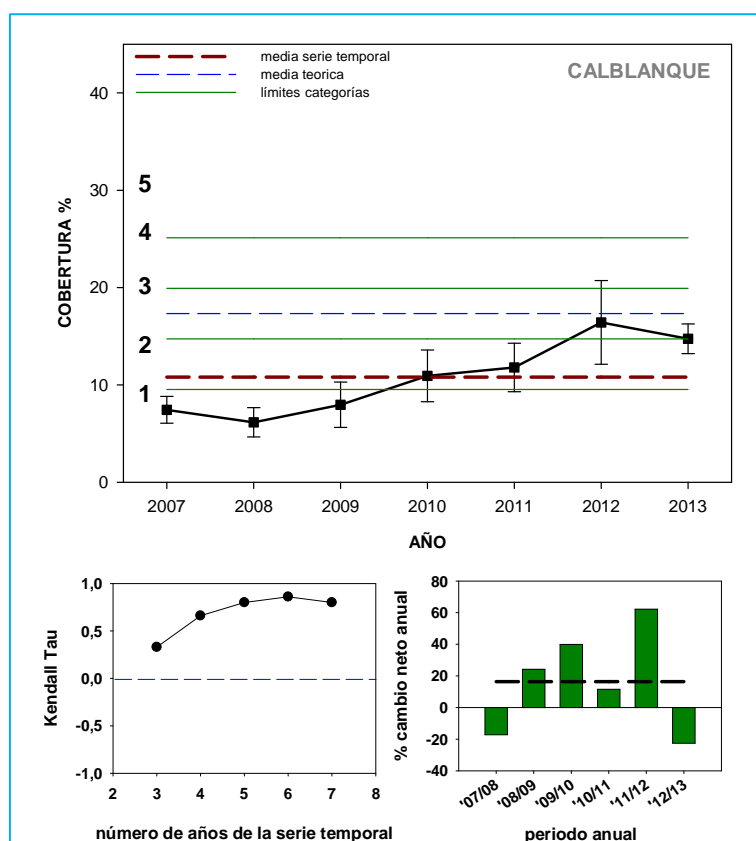


Figura 75. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 18: ISLA GROSA (SAN PEDRO DEL PINATAR)

La estación de Isla Grosa ha mostrado un cambio de categoría basada en los valores de densidad de haces desde “normal” en 2005 a “alto” (límite entre las categorías “normal” y “alta”) en la actualidad, con una máximo de densidad en 2011. Esta tendencia progresiva se refleja en valores muy altos de K-tau (+0,66; $p < 0,05$) y en valores positivos moderados de crecimiento neto anual +3,2 y total (+25,6%). Se le asigna un estado **progresivo alto** al descriptor.

DENSIDAD DE HACES

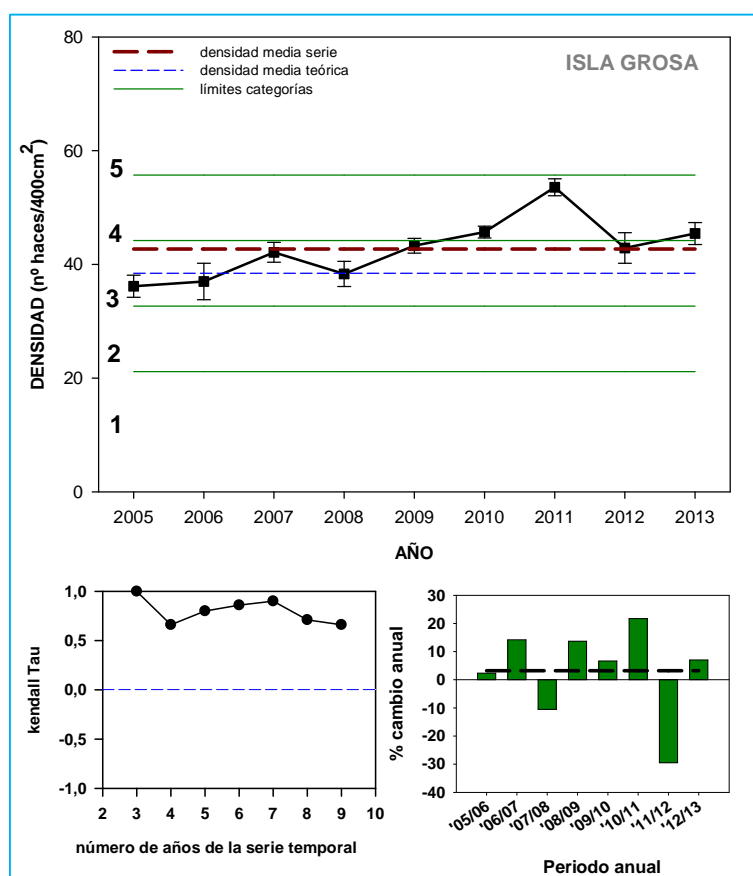


Figura 76. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

En los cuadrados permanentes los valores de densidad de haces han disminuido desde el año 2010, lo que hace que la tendencia general de la serie temporal sea negativa (Kendall $\tau = -0,47$; $p > 0,05$). La tasa de cambio anual -4,4 y el crecimiento neto total son también negativos -26,5% y esta dinámica contrasta con la observada en la densidad de haces al azar (Fig. 76) que es netamente progresiva.

DENSIDAD DE HACES (cuadrados fijos)

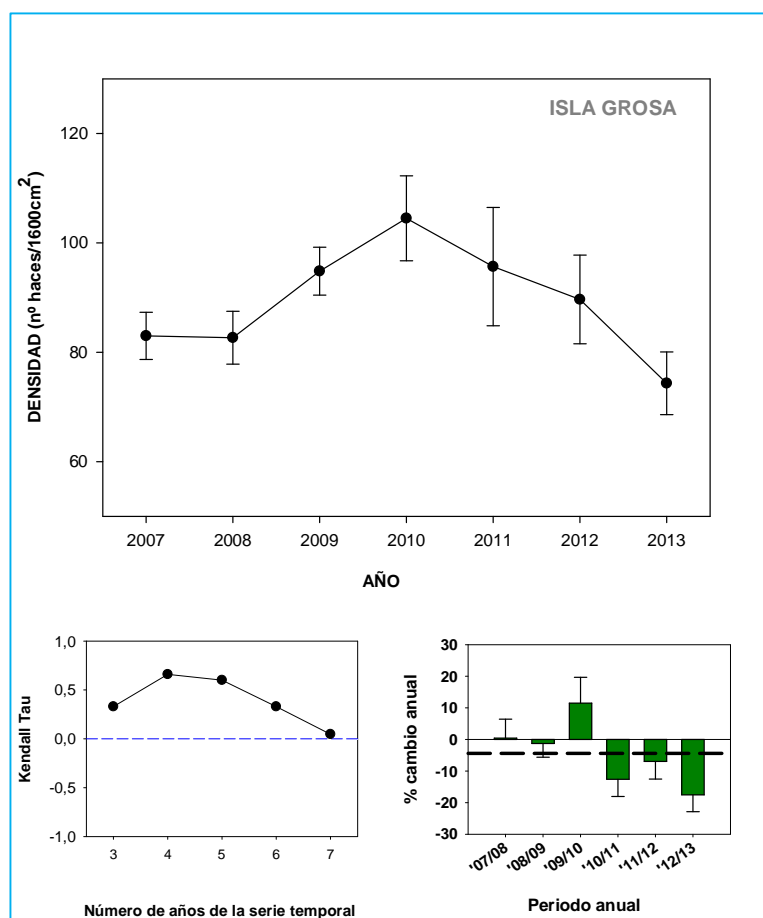


Figura 77. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar). Línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio.

De nuevo aquí la tendencia de la cobertura es muy similar a la descrita para el descriptor densidad de haces, con tendencias progresivas altas (K-tau = +0,72; $P < 0,05$) y valores positivos altos de crecimiento medio anual +6,1 y total +48,6%. Se le asigna un estado **progresivo alto** a este descriptor.

COBERTURA

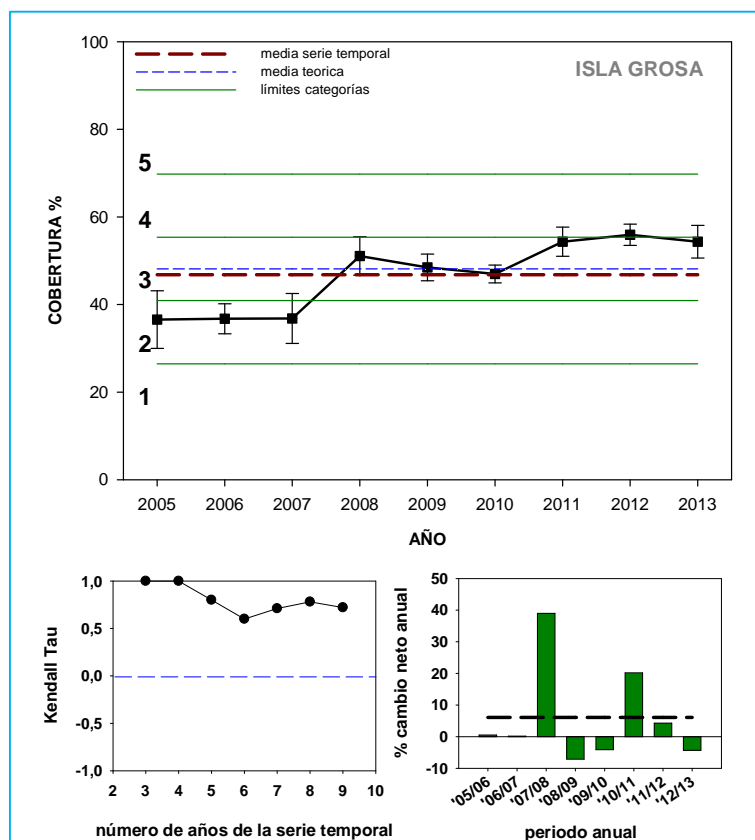


Figura 78. *Gráfico superior:* evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. **Gráfico inferior izquierdo:** variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. **Gráfico inferior derecho:** porcentaje de cambio neto de la cobertura de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 19: ISLA GROSA - CAULERPA (SAN PEDRO DEL PINATAR)

Los valores de densidad se sitúan casi todos dentro de la categoría “normal” del modelo teórico, con pocas variaciones y valores muy cerca de la media teórica. Solo durante el año 2011, tenemos un valor de densidad dentro de la categoría “alta”, debido a un crecimiento positivo de más del 30%. La tendencia general es regresiva baja ($K\text{-tau} = -0,04$; $p > 0,05$), y obtenemos valores negativos muy próximos a cero del crecimiento medio anual -1 del crecimiento total del periodo -6,1%. Por tanto, se le atribuye un estado **estable** al descriptor.

DENSIDAD DE HACES

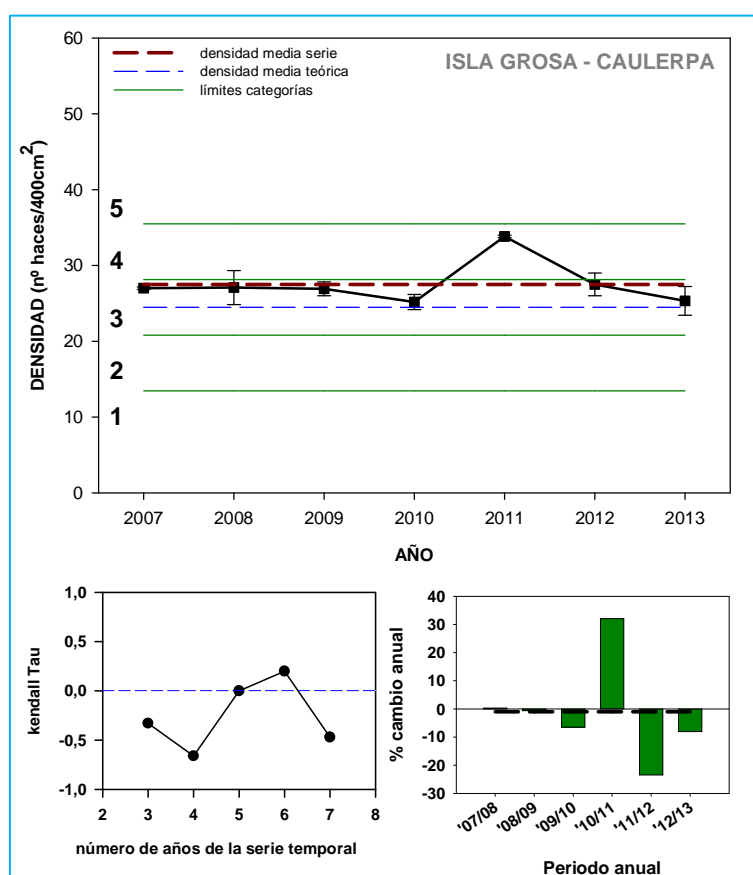


Figura 79. Gráfico superior: evolución temporal de la densidad de haces (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal). Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

La densidad de haces en los cuadrados permanentes muestra una tendencia muy progresiva ($Kendall \tau = +0,90$; $p < 0,05$), que resulta en una tasa de cambio anual de +4,4 y un crecimiento neto total altamente positivo +26,2 %. Esta tendencia claramente progresiva contrasta con la

dinámica más estable mostrada por la evolución de la densidad de haces de la pradera obtenida a partir de los cuadrados al azar.

DENSIDAD DE HACES (cuadrados fijos)

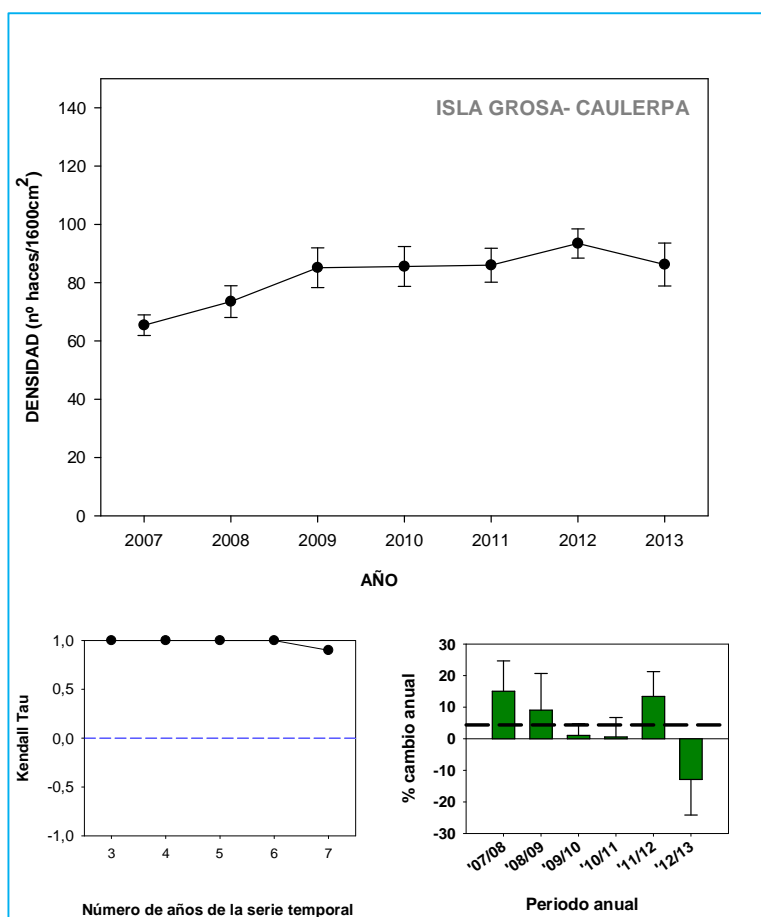


Figura 80. Resultados de la evolución temporal de la densidad de haces en el estudio de las praderas mediante cuadrados permanentes. A) Variación anual de la densidad de haces (media \pm error estándar), B) estadístico Kendall Tau indica magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, C) % de cambio neto anual de la densidad de haces (media \pm error estándar) (línea discontinua: % cambio anual promedio en el periodo de estudio).

El descriptor cobertura de pradera muestra una tendencia general progresiva alta (K tau = +0,14; $p > 0,05$), pasando de valores dentro de la categoría “normal” los primeros años a categorías de valores medios “altos”. Esta tendencia progresiva se refleja en valores positivos moderados de crecimiento neto medio anual +5,9 y total +35,1%. El estado del descriptor es **progresivo moderado**.

COBERTURA

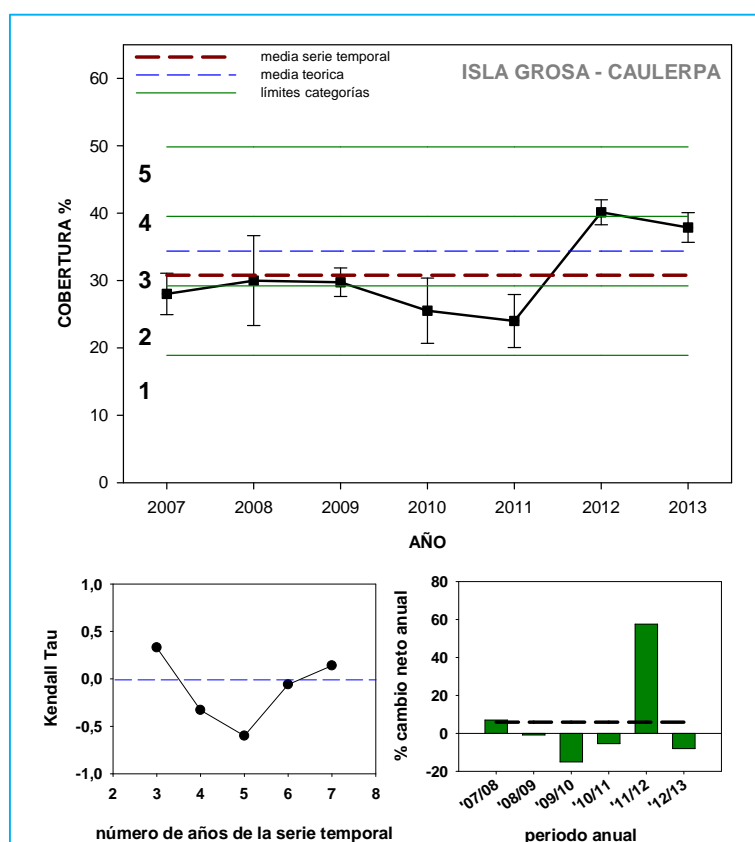


Figura 81. Gráfico superior: evolución temporal del porcentaje de cobertura de pradera (media anual y error estándar y valor medio de la serie temporal. Categorías de densidad teórica: 1 = muy baja, 2 = baja, 3 = óptima, 4 = alta y 5 = muy alta. Gráfico inferior izquierdo: variación de la magnitud y signo de la tendencia de la serie temporal en función del número de años de la serie, representada por el estadístico no paramétrico Kendall-Tau. Gráfico inferior derecho: porcentaje de cambio neto de la densidad de haces en cada periodo anual de la serie temporal. La línea negra discontinua es el promedio del crecimiento anual de todo el periodo.

ESTACIÓN 20: ISLA GROSA 20 m (SAN PEDRO DEL PINATAR)

Esta estación fue instalada en 2012. En la tabla se presentan los datos de los dos últimos periodos anuales. Al ser solo dos años, no se realiza ningún análisis ni diagnóstico de su tendencia, para lo cual es necesario que la serie temporal tenga, al menos, 7 u 8 años.

	Densidad (n° haces/ 400cm ²)		% cambio neto anual	Densidad (n° haces/ 1600 cm ²)		% cambio neto anual	Cobertura (%)		% cambio neto anual
	Media	ES		Media	ES		Media	ES	
2012	21,77	0,84		54,00	2,87		21,91	1,24	
2013	24,89	1,44	14,3	48,66	1,62	-6,9	25,68	2,96	17,2

Tabla 39. Evolución temporal de la densidad de haces y del porcentaje de cobertura de las praderas en la estación de Isla Grosa a 20m. % cambio neto anual: tasa de cambio de la densidad de haces entre el año 2012 y 2013.

ESTACIÓN 21: ISLA GROSA 32 m (SAN PEDRO DEL PINATAR)

Esta estación fue instalada en 2012. En la tabla se presentan los datos de los dos últimos periodos anuales. Al ser solo dos años, no se realiza ningún análisis ni diagnóstico de su tendencia, para lo cual es necesario que la serie temporal tenga, al menos, 7 u 8 años.

	Densidad (n° haces/ 0,04 m ²)		% cambio neto anual	Densidad (n° haces/ 0,16 m ²)		% cambio neto anual	Cobertura (%)		% cambio neto anual
	Media	ES		Media	ES		Media	ES	
2012	7,09	0,67		20,33	1,49		5,48	0,17	
2013	11,50	1,45	62,20	19,00	1,09	-5	7,13	0,26	30,25

Tabla 40. Evolución temporal de la densidad de haces y del porcentaje de cobertura de las praderas en la estación de Isla Grosa a 32 m. % cambio neto anual: tasa de cambio de la densidad de haces entre el año 2012 y 2013.

5.8.3. Diagnóstico del estado y tendencia de las praderas.

A continuación se presenta una síntesis de los resultados mostrados en el apartado anterior, incluyendo el diagnóstico del estado de cada descriptor en cada pradera.

DENSIDAD DE HACES EN CUADRADOS AL AZAR (2004-2013)						
ESTACIÓN	Estado (media serie)	Estado actual	Kendall- τ	Crecimiento. Media anual	Crecimiento total periodo	DIAGNÓSTICO ESTADO
E2: CALA TUNEZ	Alto	Alto	0,51*	7,1	63,9	PROGRESIVO ALTO
E3: CALA ESCALERA - SOMERA	Normal	Normal	0,51*	6,9	62,5	PROGRESIVO ALTO
E5: CALA CERRADA - SOMERA	Bajo	Bajo	0,24	-0,3	-2,7	ESTABLE
E6: CALA CERRADA - PROFUNDA	Muy bajo	Muy Bajo	-0,27	-7,7	-69,2	REGRESIVO ALTO
E7: LA AZOHÍA	Alto	Alto	0,33	2,9	26	PROGRESIVO MODERADO
E8: ISLA PLANA - LEVANTE	Alto	Normal	0,46*	2,9	26,3	PROGRESIVO MODERADO
E9: CALABARDINA	Normal	Normal	-0,02	-0,5	-4,4	ESTABLE
E10: ISLA DEL FRAILE	Alto	Alto	-0,2	-2,9	-25,6	REGRESIVO MODERADO
E11: ISLA PLANA - PONIENTE	Alto	Alto	0,24	1,8	16,1	PROGRESIVO MODERADO
E12: CALA REONA	Normal	Normal	0,35	0,3	2,0	PROGRESIVO BAJO
E13: CALA ESCALERA - PROFUNDA	Alto	Alto	0,27	5,4	42,8	PROGRESIVO MODERADO
E14: PUERTO TOMÁS MAESTRE	Normal	Normal	0,44	3,1	24,4	PROGRESIVO ALTO
E15: ISLA DE LAS PALOMAS	Normal	Normal	0,11	-1,6	-12,4	ESTABLE
E16: EL MUELLECICO CAULERPA	Alto	Normal	0,42	4,9	29,4	PROGRESIVO MODERADO
E17: CALBLANQUE CAULERPA	Muy alto	Alto	0,52	11,5	69,5	PROGRESIVO ALTO
E18: ISLA GROSA	Normal	Normal	0,66*	3,2	25,6	PROGRESIVO ALTO
E19: ISLA GROSA - CAULERPA	Normal	Normal	-0,04	-1	-6,1	ESTABLE

Tabla 41. Síntesis de los resultados obtenidos para el descriptor densidad de haces mediada con los cuadrados de 0, m² para las distintas aproximaciones empleadas en el estudio del estado actual y las tendencias temporales de las praderas estudiadas, junto con el diagnóstico de estado generado a partir de dichos resultados. Tasa de cambio neto: promedio de la tasa de cambio correspondiente al periodo de estudio completo en cada estación.

PORCENTAJE DE COBERTURA DE PRADERA (2004-2013)						
ESTACIÓN	Estado (media serie)	Estado actual	Kendall- τ	Crecimiento. Media anual	Crecimiento total periodo	DIAGNÓSTICO ESTADO
E2: CALA TUNEZ	Normal	Normal	0,55*	0,3	2,4	PROGRESIVO MODERADO
E3: CALA ESCALERA - SOMERA	Normal	Normal	0,60*	0,8	7,6	PROGRESIVO MODERADO
E5: CALA CERRADA - SOMERA	Bajo	Bajo	0,66	-1,3	-11,7	ESTABLE
E6: CALA CERRADA - PROFUNDA	Muy bajo	Muy bajo	-0,11	-4,1	-36,6	REGRESIVO MODERADO
E7: LA AZOHÍA	Normal	Normal	0,06	0,1	0,8	ESTABLE
E8: ISLA PLANA - LEVANTE	Normal	Normal	0,6*	3,8	33,8	PROGRESIVO MODERADO
E9: CALABARDINA	Bajo	Bajo	0,20	-1,5	-13,8	ESTABLE
E10: ISLA DEL FRAILE	Normal	Bajo	0,46*	3,4	30,4	PROGRESIVO MODERADO
E11: ISLA PLANA - PONIENTE	Normal	Normal	0,15	2,7	24,5	PROGRESIVO MODERADO
E12: CALA REONA	Bajo	Bajo	0,50	0	0,2	ESTABLE
E13: CALA ESCALERA - PROFUNDA	Bajo	Bajo	0,22	-3,1	-24,5	REGRESIVO MODERADO
E14: PUERTO TOMÁS MAESTRE	Normal	Normal	0,44	-0,4	-3,3	PROGRESIVO BAJO
E15: ISLA DE LAS PALOMAS	Bajo	Bajo	0,44	3,9	30,1	PROGRESIVO MODERADO
E16: EL MUELLECICO - CAULERPA	Bajo	Bajo	0,52	14,6	87,7	PROGRESIVO ALTO
E17: CALBLANQUE - CAULERPA	Bajo	Muy bajo	0,80*	16,4	98,1	PROGRESIVO ALTO
E18: ISLA GROSA	Normal	Normal	0,72*	6,1	48,6	PROGRESIVO ALTO
E19: ISLA GROSA - CAULERPA	Alto	Normal	0,14	5,9	35,1	PROGRESIVO MODERADO

Tabla 42. Síntesis de los resultados obtenidos para el descriptor cobertura medida en cuadrados de 0,04 m² con las distintas aproximaciones empleadas en el estudio del estado actual y de las tendencias temporales de las praderas estudiadas, junto con el diagnóstico generado partir de dichos resultados. La tasa de cambio neto corresponde al periodo de estudio completo correspondiente a cada estación.

A continuación se discuten estos resultados con más detalle para cada estación para determinar un diagnóstico general para la evolución de cada pradera en el periodo 2004-2013, en base al estado de los diferentes descriptores. Este diagnóstico a nivel de pradera se resume en la Tabla 43 al final de este apartado.

E2 : Cala Tunez (Cabo de Palos).

El diagnóstico de estado de la pradera basado en el descriptor densidad de haces (tanto basado en medidas al azar como en los cuadrados permanentes) indica un estado progresivo alto y la cobertura un estado progresivo moderado. Se trata de una pradera en muy buen estado de conservación, sin influencia de presiones antrópicas, con unos valores medios de los descriptores altos, respecto al valor medio teórico que le corresponde a la misma profundidad. El diagnóstico general del estado de esta pradera es **PROGRESIVO ALTO**.



Figura 82. CALA TÚNEZ (-7 m). Detalle de la pradera de Cala Túnez donde se aprecia piqueta de muestreo y transecto de unión entre piquetas.

E3 : Cala Escalera Somera (Cabo de Palos)

La estación localizada en la zona somera de la pradera de Cala Escalera de Cabo de Palos ha mostrado un diagnóstico de evolución temporal de progresivo alto basado en el descriptor densidad (medidas al azar y cuadrados permanentes) y de progresivo moderado en base al descriptor cobertura. Considerando ambos descriptores podemos afirmar que la evolución de esta pradera corresponde a un estado **PROGRESIVO ALTO**, con valores dentro de la categoría “muy alto” para el descriptor de densidad y “alto” para la cobertura. La pradera se encuentra en un excelente estado de conservación, aumenta su superficie y su densidad. No existe sobre ella ningún tipo de presión antrópica. Tan solo destacar la aparición desde 2009 del alga invasora *Caulerpa racemosa* que de momento no parece tener influencia en la estructura de la pradera.

E5 : Cala Cerrada Somera (Cabo Tiñoso)

En esta pradera ambos descriptores presentan un estado estable para toda la serie temporal y sus valores medios son bajos con respecto al valor medio teórico que le corresponde por su profundidad. Sin embargo, esta pradera sí está sometida a cierto grado de presión antrópica debido al fondeo no regulado de embarcaciones y a la elevada frecuentación de buceadores (es un punto de inmersión). Si bien, la densidad de haces al azar y la cobertura no detectan alteraciones importantes del hábitat, sí se observan claramente erosiones parciales en ciertas partes del límite de la pradera (Figura 83). Sin embargo, estos síntomas erosivos sí parece que

están afectando a la densidad de haces en alguno de los cuadrados permanentes, lo que se refleja sobre todo en un incremento de la dispersión de la media anual (error estándar; Figura 38). Los cuadrados permanentes están colocados justo en el límite de la pradera que delimita un gran claro de arena en el que se concentran los buceadores cuando bajan y donde se suelen instalar los fondeos. Este límite de pradera, por tanto, es más vulnerable a los efectos de estos impactos (hipersedimentación, erosión) y ello se refleja en la densidad de los cuadrados permanentes, pero no en las medidas al azar, que se realizan en el interior de las manchas de pradera. Se trata, por tanto, de un “efecto borde” que, ni la densidad de haces al azar, ni la cobertura, son capaces de detectar. Esto es un claro ejemplo de cómo el empleo de cuadrados permanentes aporta información complementaria a la derivada de los otros dos descriptores.

El alga invasora *Caulerpa racemosa* está presente en esta estación, aunque no se le relaciona con los síntomas regresivos detectados, más relacionados con el impacto del buceo sobre el fondo y los fondeos. De acuerdo con el principio de precaución, puesto que la pradera continúa sometida a esta presión y los síntomas observados (aunque sin ser estadísticamente significativos) no pueden ser ignorados, a esta pradera se le asigna provisionalmente un estado **REGRESIVO BAJO**. Como medida de precaución se sugiere la puesta en marcha urgente de planes y medidas de control del fondeo y del buceo en esta localidad

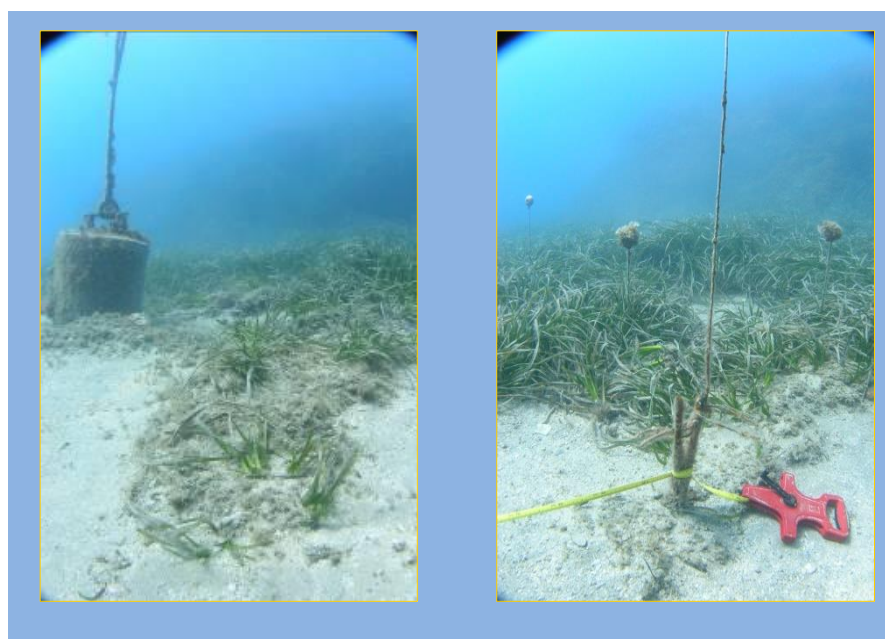


Figura 83. CALA CERRADA SOMERA (-12 m). Síntomas de erosión mecánica del límite de la pradera de *P. oceanica* por el fondeo en Cala Cerrada somera.

E6: Cala Cerrada Profunda (Cabo Tiñoso)

Ambos descriptores empleados clasifican la pradera de esta estación en un estado regresivo alto para el caso de la densidad de haces y regresivo moderado para el caso del porcentaje de cobertura. El diagnóstico general de estado lo establecemos en **REGRESIVO ALTO**. Al inicio del seguimiento de esta pradera (2004), no se observaron indicios de influencia de presión antrópica sobre esta pradera, y de hecho se seleccionó por su buen estado de conservación en 2004. Sin embargo, a partir del año 2005 se inició un proceso acelerado de pérdida de superficie de pradera (Figuras 40-42 y Figura 84). Las causas de esta regresión fueron la erosión mecánica de la pradera por una sobrefrecuentación de buceadores en formación (buceadores inexpertos

con problemas de flotabilidad) y el impacto de fondeos no regulados. Se trata de una cala resguardada donde se concentra la práctica del buceo de iniciación y donde se concentran las embarcaciones cuando las condiciones son adversas, y por tanto, son necesarias medidas de control de los fondeos y del buceo para evitar un mayor deterioro de esta pradera.



Figura 84. CALA CERRADA PROFUNDA (-21 m). Vista general de la estación donde se aprecia la fuerte regresión experimentada por esta pradera. Las piquetas que delimitaban el límite inferior han quedado en medio de un fondo arenoso y actualmente el límite se sitúa a una profundidad menor. En la foto de la derecha se aprecia la presencia del alga invasora *Caulerpa racemosa* desarrollando elevadas biomásas en los fondos desnudos adyacentes.

E7 : La Azohía

La densidad de haces de esta pradera (medida tanto a partir de cuadrados al azar como en los cuadrados permanentes) ha mostrado una dinámica progresiva moderada y la cobertura muestra una dinámica estable, en ambos casos manteniendo unos valores medios correspondientes a las categorías normal y alto (respecto al valor teórico que le corresponde por su profundidad). Se considera que esta pradera se encuentra en un estado **PROGRESIVO MODERADO**. No se conocen presiones antrópicas en la zona que influyan sobre esta pradera. No obstante, hay que destacar que ambos descriptores (especialmente la cobertura entre 2005 y 2008) han mostrado periodos plurianuales con tendencias claramente regresivas; analizando datos climáticos de la Región de Murcia, se comprobó que dichos periodos coincidían con periodos con una frecuencia elevada de intensas lluvias torrenciales. Esta pradera se encuentra precisamente frente a la desembocadura de una rambla que descarga importantes cantidades de agua y sedimentos durante episodios de lluvias torrenciales. Durante los muestreos hemos podido constatar que tras estos episodios alguno de los cuadrados permanentes eran parcialmente enterrados por sedimentos finos, dando lugar a un incremento de la mortalidad de haces en dichos cuadrados (p.e. crecimiento negativo del periodo anual 2008/09; Figura 44). La tendencia progresiva de la densidad de haces (tanto en cuadrados al azar como en cuadrados permanentes) podría ser interpretado como una respuesta al enterramiento, compensando sus efectos mediante un incremento de la división de los haces verticales; por otro lado se observa

que cuando la frecuencia de lluvias torrenciales decrece la pradera aprovecha para colonizar los sedimentos que la han invadido en años anteriores. Esto es un claro ejemplo de cómo la dinámica de las praderas se encuentra adaptada a los efectos de las perturbaciones naturales y, a largo plazo, son capaces de mantener su superficie y abundancia, en incluso incrementarla (lo cual incrementa a su vez su resiliencia frente a nuevas perturbaciones). El cambio climático afectará la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos, de forma que estas praderas sujetas a este tipo de perturbaciones podrían ser las primeras en reflejar la posible influencia de cambios globales del clima en los próximos 50 años.

E8 : Isla Plana (Levante)

La pradera de Isla Plana Levante muestra un diagnóstico de progresivo moderado para ambos descriptores (densidad de haces y cobertura), manteniéndose sus valores medios dentro de la categoría normal (es decir, corresponde al valor teórico predicho para la misma profundidad). Es una pradera sin influencia de presión antrópica, en la que los resultados obtenidos indican que ha tenido lugar un incremento neto significativo de su abundancia en los últimos 10 años. Se le atribuye un estado **PROGRESIVO ALTO**.

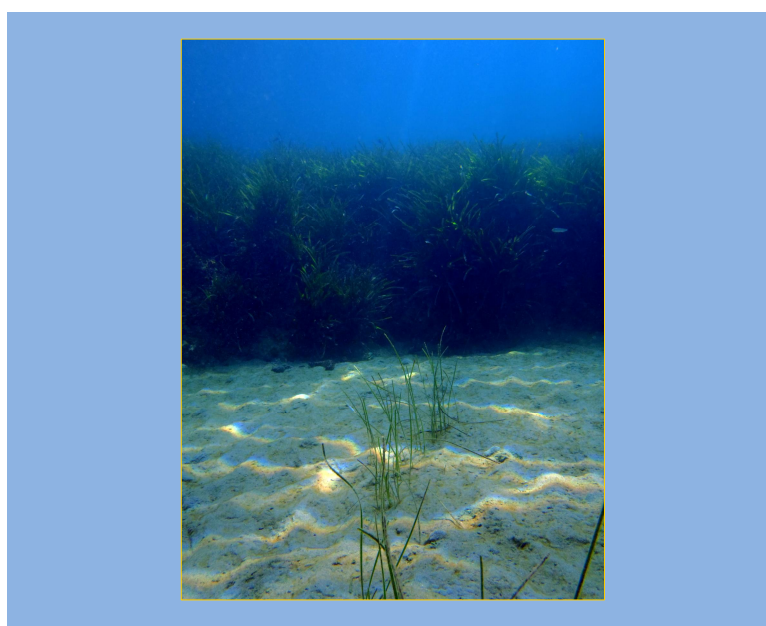


Figura 85. ISLA PLANA - LEVANTE (-6 m). Vista general de la pradera ubicada a levante de Isla Plana.

E9: Calabardina (Águilas)

La pradera de Calabardina se mantiene en un estado **ESTABLE**, ya que la tendencia de ambos descriptores es también estable. Es una pradera sin influencia de presiones antrópicas, al menos a esa profundidad; hay que destacar el hecho de que el límite inferior de esta pradera, situado a varias decenas de metros de la estación de muestreo, experimentó una importante regresión a consecuencia de la pesca de arrastre. Durante la década de los 90 del siglo pasado se protegió la zona mediante arrecifes artificiales y actualmente se descarta la influencia de este impacto en la zona. No obstante, al igual que se ha comentado para otras pradera (p.e. La Azohía), si se observaron periodos plurianuales regresivos al principio de la serie temporal (2005-2007; Figs. 49 y 51); en este caso se relacionan con los efectos erosivos de los fuertes

temporales de componente oeste a los que está expuesta. Los rizomas están muy desenterrados, con sedimento grueso y escaso, y se observan abundantes fragmentos de pradera arrancados tras los temporales. Como demuestran los datos obtenidos, a largo plazo la pradera es capaz de recuperar las pérdidas ocasionadas tras estos temporales, mostrando una vez más su capacidad de adaptación a las perturbaciones naturales de carácter climático. Cambios del clima como los predichos por el cambio climático global podrían alterar este aparente equilibrio y acelerar la erosión de las praderas.

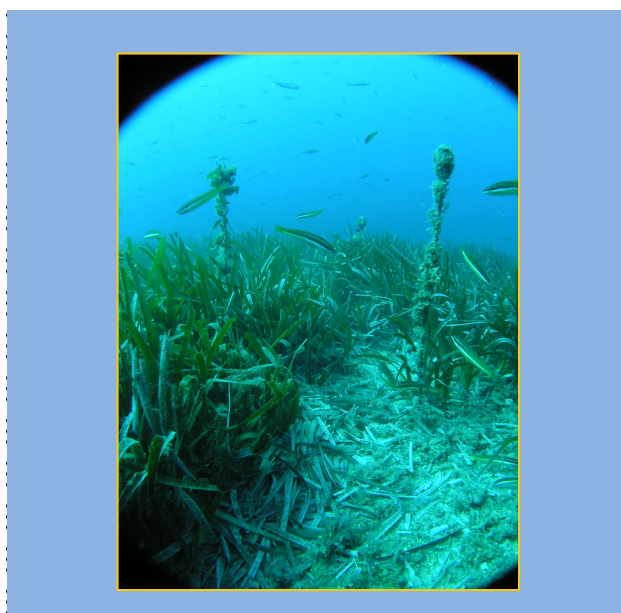


Figura 86. CALABARDINA (-16 m). Vista general de un punto de muestreo en la estación ubicada en la pradera de Calabardina.

E10 : Isla del Fraile (Águilas)

El descriptor densidad de haces indica una tendencia regresiva moderada, aunque el descriptor de cobertura está en progresión moderada. El resultado neto es que las manchas de pradera han experimentado cierto incremento de la superficie que ocupan del 30%, pero su densidad ha disminuido un 27% respecto a la densidad inicial. La pérdida de haces puede tener como consecuencia la pérdida del potencial funcional de la pradera, ya que muchas de las funciones y servicios que proveen estos hábitats al ecosistema dependen del mantenimiento de la complejidad estructural del estrato foliar. Por esta razón, y siguiendo también el principio de precaución, consideramos que la pérdida de densidad puede ser un síntoma regresivo temprano de esta pradera y, por tanto se considera que su diagnóstico es **REGRESIVO BAJO**.

El comportamiento de ambos descriptores puede resultar contradictorio, pero no tiene porqué. Ante la influencia de una perturbación o una situación de estrés, las praderas pueden responder a muchos niveles. Como se ha comprobado en especies del género *Posidonia*, la reducción de la densidad de haces es una de las respuestas más inmediatas y efectivas para regular desequilibrios metabólicos causados por el estrés (p.e. en condiciones de limitación de luz). Por otro lado, en zonas perturbadas, la pradera tiende a invertir más recursos en el

crecimiento de rizomas horizontales colonizadores, de crecimiento más rápido. Por tanto, la coincidencia de un incremento de la densidad de haces con un incremento de la cobertura podría sugerir que esta pradera está sometida a algún tipo de perturbación.

La cuestión entonces es determinar qué tipo de perturbación, natural o antrópica, está forzando la respuesta descrita. La pradera en la que realizamos las mediciones limita con un gran claro de arena (Fig. 87) y a menudo se observan movimientos de sedimentos que podrían explicar dicha respuesta. Sin embargo, estos efectos no son homogéneos y se limitan a partes muy concretas de la pradera. Por otro lado, y como se ha ido advirtiendo en informes anteriores, en las proximidades de esta pradera hay una piscifactoría. Se dispone de información adicional basada en isótopos estables del nitrógeno, que indica que los vertidos de esta granja marina alcanzan la pradera estudiada (datos propios, no publicados). Por otro lado, aunque no se ha cuantificado, se observan diferencias cualitativas en la composición de la comunidad epífita que son consistentes con una posible influencia de aportes de nutrientes externos. Se desconoce hasta que punto estos indicios podrían explicar las respuestas de la pradera explicadas anteriormente, pero, de acuerdo con el principio de precaución, no deberíamos descartar la implicación de la influencia de los vertidos acuícolas. Serían necesarios datos adicionales para poder discernir si se trata de una dinámica natural o la respuesta a una presión antrópica o una combinación de ambas cosas. No obstante, como medida precautoria basada en los resultados obtenidos, se recomienda no incrementar la producción de la granja marina.

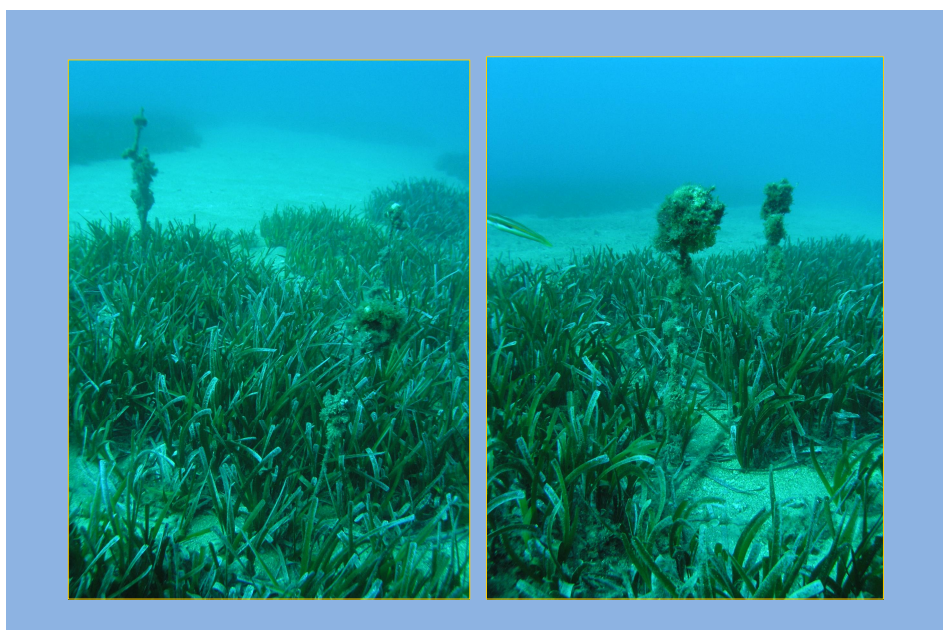


Figura 87 ISLA DEL FRAILE (-15 m). Vista general de un punto de muestreo en la estación ubicada en la pradera de Isla del Fraile..

E11: Isla Plana (Poniente)

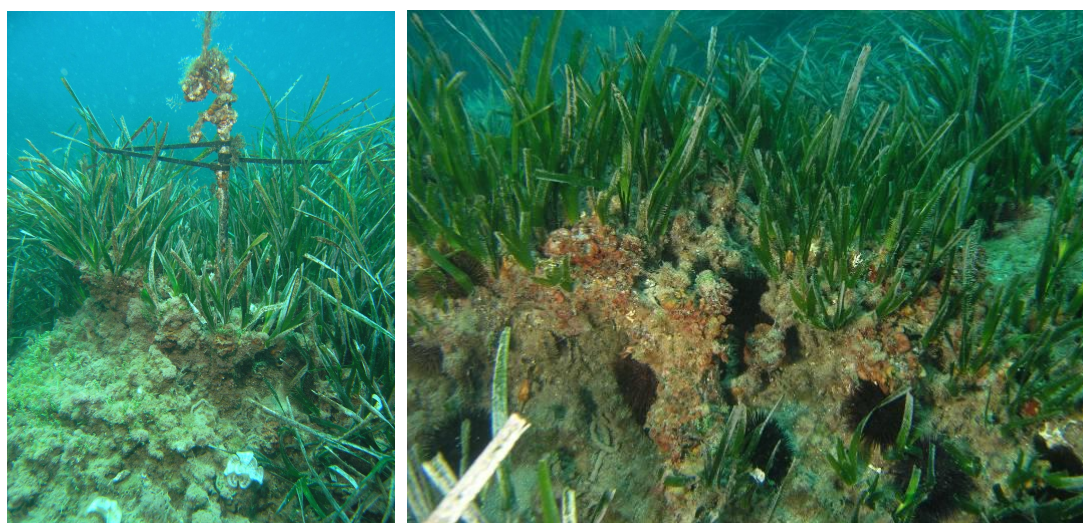
Tanto la densidad de haces de esta pradera como la cobertura han experimentado un incremento moderado tras 10 años de seguimiento (en torno al 20% para ambos descriptores). Por tanto, el diagnóstico para esta pradera es de **PROGRESIVO ALTO**. Esta pradera no se encuentra expuesta a ningún tipo de presión antrópica y se considera en un buen estado de conservación.



Figura 88. ISLA PLANA - PONIENTE (-3 m). Vista general de la estación de muestreo situada en la pradera de Isla Plana – Poniente.

E12 : Cala Reona

La densidad de haces se mantiene dentro de valores normales para esa profundidad, mientras que la cobertura es algo inferior al valor teórico esperado, probablemente a la naturaleza rocosa y heterogénea de la zona. En esta pradera, la densidad de haces ha mostrado una tendencia general progresiva baja, mientras que ha sido estable para la cobertura. Se le atribuye a la evolución de esta pradera un estado **PROGRESIVO BAJO**. De acuerdo con estos resultados la pradera se encuentra en buen estado de conservación, a pesar del hecho de que, durante los últimos años, ha podido estar influenciada por la proximidad de un escape de aguas residuales urbanas producido por la rotura del emisario de la EDAR a la profundidad de 11 metros. Este escape se ha producido durante los meses estivales a lo largo de una serie de años. Si bien este escape no parece haber alterado la estructura y distribución de la pradera, si podría haber inducido otros efectos indirectos o interacciones, como el incremento de la población de erizos (*Paracentrotus lividus*), cuyas elevadas densidades ($8,4 \pm 1,3$ indiv./m²) no se han observado en ninguna otra pradera de la Región de Murcia. Se ha demostrado que los aportes orgánicos pueden aumentar las poblaciones de erizos de las praderas y que esto puede causar su regresión, ya que los erizos son herbívoros generalistas característicos de la pradera de *P. oceanica*. Afortunadamente, no parece que la densidad actual de *P. lividus* esté afectando a la estructura de la pradera de de Cala Reona y además parece ser que la rotura del emisario ha sido reparada. Se espera, por tanto, que esta pradera continúe con una evolución favorable en los próximos años, siempre y cuando no ocurra una nueva rotura del emisario.



*CALA REONA (-5 m). Vista general de la estación de muestreo (IZDA.) y detalle de la población de erizo (*P. lividus*) refugiándose durante el día en los intersticios de la mata de *P. oceanica* (Foto: JM Ruiz)*

E13 : Cala Escalera Profunda (Cabo de Palos)

La evolución temporal de la densidad de haces presenta una tendencia progresiva moderada (debido sobre todo a un notable incremento de este descriptor en 2013), mientras que la cobertura mantiene una tendencia regresiva moderada (debido a la repentina reducción de este descriptor a partir de 2005) (Figs. 61 y 63). A partir de 2009, revierte la tendencia de la cobertura aumentando de forma progresiva (Fig. 63). Aún así, en la actualidad no ha sido capaz de recuperar la cobertura original y la pérdida neta de superficie es todavía del 23%. Se considera, por tanto, que esta pradera se mantiene en un estado **REGRESIVO MODERADO**. Al tratarse de una zona colindante con la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas no existen en la zona perturbaciones antrópicas que expliquen esta regresión. La causa de esta regresión son de nuevo perturbaciones naturales relacionadas con la incidencia de temporales extremos, que es particularmente intensa en esta zona altamente expuesta. De hecho entre 2005 y 2006, que es cuando se produce la regresión de la cobertura de la pradera, tuvo lugar un temporal histórico de componente SW que tuvo especial incidencia en la zona de Cabo Palos. Como en este caso, las praderas de estas zonas altamente expuestas se encuentran muy fragmentadas y son paisajes a manchas sobre un fondo sedimentario. Las fuerzas hidrodinámicas y sedimentarias moldean la forma y tamaño de estas manchas. Ello explicaría la drástica reducción de la cobertura a partir de 2005, que mantiene cierta inercia hasta 2007. A partir de este año, tanto la densidad como la cobertura han mantenido tendencias progresivas (ver la evolución de Kendall- τ en ambos casos; Figs. 61-63) que han permitido su recuperación parcial hacia los niveles de abundancia de 2005. Por tanto, estos resultados podrían estar relejando la dinámica natural de estas praderas fragmentadas, características de zonas costeras expuestas, definida por ciclos plurianuales (casi decadales) de erosión-recuperación acoplados a la frecuencia de temporales extremos. El cambio climático se piensa que tenderá a incrementar

la intensidad y frecuencia de los temporales extremos, de forma que la dinámica de las praderas de estos ambientes particulares podría verse afectada en las próximas décadas.

E14: Puerto Tomás Maestre

Tras 10 años de seguimiento, la densidad de haces de esta pradera ha mostrado un comportamiento claramente progresivo (progresivo alto), incrementando un 24,4%; la cobertura, aunque también muestra cierta tendencia progresiva (baja), no experimenta crecimiento y se mantiene igual que al principio de la serie temporal. Por tanto, consideramos que la evolución de esta pradera corresponde a un estado **PROGRESIVO MODERADO**. Esta pradera se encuentra ubicada en la salida del canal “El Estacio” donde se produce el intercambio de agua entre la laguna hipersalina del Mar Menor y el Mar Mediterráneo adyacente. Al ser una zona influenciada por el agua de la laguna costera la pradera puede estar sufriendo el efecto de la hipersalinidad así como de la contaminación causada por la elevada presencia humana en esta zona. A pesar de ello los datos indican que su estructura no muestra, por ahora, ningún indicio de alteración o regresión. Por tanto, la posible presión antrópica causada por los factores mencionados debe ser de una intensidad baja y de carácter difuso. No obstante, si se ha observado cierta alteración en la población de haces de los cuadrados fijos instalados en esta pradera en 2007, que parece estar en relación al agua hipersalina que sale desde el interior de la laguna y que alcanza claramente el límite de esta pradera. Esta influencia, además, no parece ser espacialmente homogénea ya que los cambios en la densidad de haces se detectan en los cuadrados situados en determinadas zonas. Aunque estos resultados no afectan al diagnóstico general de la pradera, si podrían representar síntomas tempranos de alteración, cuya evolución sí podría afectar al estado de esta pradera en los próximos años. Desde el punto de vista metodológico hay que destacar la eficacia de los cuadrados permanentes para detectar efectos tempranos de la influencia de perturbaciones sobre la pradera.

E15 : Isla de las Palomas

La tendencia de la densidad de haces en esta pradera ha sido próxima a la estabilidad en estos 10 años de seguimiento y dentro de rangos de valores considerados normales para esta profundidad, aunque en la actualidad este descriptor muestra valores levemente inferiores al inicio de la serie temporal (-12,5%). Por el contrario la cobertura de la pradera ha mostrado una tendencia progresiva moderada y ha experimentado un crecimiento neto del 31%, respecto a 2005. Por tanto, se le atribuye a esta pradera un estado de **PROGRESIVO MODERADO**. El límite inferior de esta pradera experimentó en el pasado importantes alteraciones asociadas a la pesca de arrastre que sobre ella se realizaban de forma rutinaria (hace 50 años, mucho antes de la instalación de la estación de muestreo en 2005), sin embargo, la instalación de arrecifes artificiales con fines protectores parece estar teniendo efectos positivos de cara a la recuperación de la estructura de la pradera tal y como indican las tendencias progresivas diagnosticadas en los últimos años. Este resultado está de acuerdo con la tendencia positiva de la abundancia de praderas de *P. oceanica* protegidas mediante arrecifes artificiales observada en otras zonas del levante español (González Correa et al. 2005).

E16 : El Muellecico-(Cabo Tiñoso)

Tanto la densidad de haces como la cobertura de pradera muestran una tendencia claramente progresiva en el periodo estudiado, de forma que se le asigna un estado **PROGRESIVO ALTO**. Esta pradera es bastante particular ya que se encuentra bastante fragmentada, de acuerdo con las características geomorfológicas y oceanográficas del entrono de Cabo Tiñoso (fondos rocosos y acantilados con elevadas pendientes. Reflejo de ello son los bajos valores medios de la cobertura respecto al valor teórico que le correspondería por su profundidad. Por otro lado, esta ha sido una de las zonas más intensamente invadidas por el alga introducida *Caulerpa racemosa* desde 2006 (ver apartado 8). A pesar de ello, el alga no ha sido capaz de invadir el interior de las manchas de pradera y los datos aquí presentados demuestran que, a largo plazo, la invasión del alga no ha causado un efecto adverso en la estructura de la pradera de *P. oceanica*. Todo lo contrario, a lo largo de 7 años se ha observado cómo la superficie ocupada por las manchas de *P. oceanica* ha aumentado un 80,7%, lo cual representa un incremento considerable, que además no apoya la idea de que la colonización del alga en los fondos adyacentes a los límites de praderas impiden o limitan el crecimiento de rizomas colonizadores de la angiosperma.



Figura 89. EL MUELLECICO (-22 m). Punto de muestreo identificado con piqueta de la pradera de cabo Tiñoso ubicada en la estación denominada El Muellecico.

E17 : Calblanque

Tanto la densidad de haces como la cobertura han mostrado tendencias marcadamente progresivas en esta pradera (progresivo alto), experimentando incrementos netos excepcionales de ambos descriptores (69,6% y 99%, respectivamente) tras el periodo de 7 años de seguimiento. En base a estos resultados se le debería atribuir un estado de progresivo alto a esta pradera, pero los resultados obtenidos en los cuadrados permanentes (VER MÁS ADELANTE) obligan a limitar este diagnóstico a **PROGRESIVO BAJO**. En efecto, en los cuadrados permanentes no se refleja esta tendencia progresiva de la estructura de la pradera, detectándose incluso una cierta pérdida neta de haces, particularmente en el último año (2012-2013). Este resultado poco

coherente podría ser explicado por la influencia diferencial de perturbaciones naturales en las diferentes partes de la pradera. Esta pradera se encuentra altamente fragmentada, no es una pradera continua, probablemente debido a la elevada influencia de perturbaciones hidrodinámicas y sedimentarias. En esta pradera las mediciones de la densidad de haces al azar y del porcentaje de cobertura se realizan en el interior de grandes manchas de pradera que han sido seleccionadas para este estudio. Sin embargo, los cuadrados permanentes se encuentran en el mismo borde de estas manchas y, por tanto, son más vulnerables a la influencia de perturbaciones tales como el desplazamiento de ondas de arena (*mega-ripples*), frecuentemente observadas en esta zona tras fuertes temporales, a pesar de la elevada profundidad de esta pradera (26 m). En repetidas ocasiones se ha observado que, tras estos temporales, tanto la comunidad de maërl que ocupa habitualmente los fondos blandos de esta zona, como los eventualmente densos tapices del alga invasora *C. racemosa*, desaparecen casi por completo; además, se observan los *mega-ripples* y acumulaciones de sedimento y algas en los bordes de las manchas de *P. oceanica*. Todo esto indica una elevada influencia del hidrodinamismo superficial sobre estos fondos capaz de causar efectos erosivos significativos e importantes alteraciones sedimentarias. Por tanto, no es de extrañar que exista un “efecto borde” en los bordes de las manchas de *P. oceanica* que explique los resultados obtenidos en los cuadrados permanentes. Por otro lado, la zona es un área de calado de determinadas artes (sobre todo pulperas) que podrían también contribuir a explicar los mencionados efectos, pero esto también afectaría a toda la superficie de pradera y no solo a los bordes. En definitiva, según los datos obtenidos se trata de una zona de pradera bien conservada, probablemente condicionada a la influencia de determinadas perturbaciones naturales (hidrodinámica, sedimentación), y en la que la actividad antrópica no parece influir sobre su estado. De nuevo en este caso, se demuestra la sensibilidad de los cuadrados permanentes para detectar cambios en la dinámica de las praderas y sus relaciones con las perturbaciones externas (en este caso probablemente de carácter natural).

E18: Isla Grosa 5 m

En esta pradera, tanto la densidad de haces como la cobertura muestran una tendencia muy progresiva que resulta en incrementos netos significativos de estas variables respecto al inicio de la serie temporal (+25,7% y + 44,4%, respectivamente). Los valores medios actuales de estos descriptores se sitúan en muy por encima de los valores medios teóricos esperados para la profundidad de esta pradera (valores categoría 4 = alto). En base a estos resultados, se le debería asignar a esta pradera un estado progresivo alto, pero en base a los resultados obtenidos en los cuadrados permanentes el diagnóstico debería limitarse a **PROGRESIVO MODERADO**. Efectivamente, los cuadrados permanentes han detectado cierta tendencia regresiva de la densidad de haces que no se refleja en las medidas obtenidas a partir de los cuadrados al azar (especialmente el último año). Pensamos que esta discordancia se debe a que algunos de los cuadrados están situados muy cerca del borde de la espectacular terraza que forma esta pradera (Fig. 90), en la que se han observado algunos síntomas erosivos. Estos fenómenos erosivos son normales en estas estructuras en terraza y en esta estación son muy localizados y no han afectado a las posiciones del límite de pradera. Habrá que continuar observando como se comportan los cuadrados permanentes en los próximos años para determinar si se trata de un proceso erosivo creciente y continuo, o por el contrario se trata de un episodio transitorio.

Esta pradera se encuentra en muy buen estado de conservación, está integrada en el LIC marino de la Región de Murcia y en la zona de amortiguación marina de la ZEPA Isla Grosa. Hay que tener en cuenta, por otro lado, que en esta localidad existe un alto grado de colonización por parte del alga invasora *Caulerpa racemosa*, que aprovecha cualquier alteración de la estructura de la pradera de *P.oceanica* para su expansión. Por otro lado, esta pradera alberga la mayor población del molusco protegido *Pinna nobilis* (2,3 indiv./10 m²) en la Región de Murcia, y probablemente una de las más densas del Mediterráneo. Por este motivo es de vital importancia mejorar el nivel de protección de la pradera de *P.oceanica* frente al fondeo no regulado de embarcaciones, muy frecuente en esta zona en verano; se precisa la instalación de una zona de fondeo ecológico y continuar con el seguimiento ecológico de la pradera y de otras especies/hábitats marinos vulnerables, como el molusco gigante del Mediterráneo *Pinna nobilis*.



Figura 90. Isla Grosa (-5 m). Vista general de la estación ubicada en la pradera de Isla Grosa con diagnóstico de estado de evolución temporal progresivo alto

E19 : Isla Grosa – 12 m

La densidad de haces de esta pradera se ha mantenido muy estable desde el inicio del periodo de seguimiento, mientras que la cobertura muestra una tendencia progresiva moderada que se ha traducido en un incremento neto del grado de recubrimiento del sustrato por las manchas de *P. oceanica* en un 31,9%. Es muy interesante comprobar cómo el patrón de variación interanual de la cobertura de esta pradera se encuentra estrechamente correlacionado con el patrón de esta variable observado en la estación vecina Isla Grosa-5 m, lo cual sugiere que ambas praderas están influenciadas por las mismas condiciones ambientales locales. Para ambos descriptores los valores medios corresponden a valores normales, es decir, coinciden con los esperados para su profundidad. Se le asigna un estado de **PROGRESIVO MODERADO** a esta pradera. Destaca en esta pradera la presencia desde 2006 del alga invasora *Caulerpa racemosa*, que aunque llega a alcanzar extensiones y abundancias importantes sobre las comunidades de algas fotófilas, apenas es capaz de penetrar en el interior de la pradera (ver resultados específicos en apartado 8). Esta pradera está integrada en el LIC marino de la Región de Murcia y en la ZEPA Isla Grosa.

TABLA RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LA PRADERA DE <i>P. oceanica</i>			
ESTACION	Densidad haces (0,04 m ²)	Porcentaje de cobertura	Estado PRADERA
E2: CALA TUNEZ	Progresivo alto	Progresivo moderado	PROGRESIVO ALTO
E3: CALA ESCALERA – SOMER A	Progresivo alto	Progresivo moderado	PROGRESIVO ALTO
E5: CALA CERRADA – SOMERA	Estable	Estable	REGRESIVO BAJO
E6: CALA CERRADA – PROFUNDA	Regresivo alto	Regresivo moderado	REGRESIVO ALTO
E7: LA AZOHÍA	Progresivo moderado	Estable	PROGRESIVO MODERADO
E8: ISLA PLANA – LEVANTE	Progresivo moderado	Progresivo moderado	PROGRESIVO ALTO
E9: CALABARDINA	Estable	Estable	ESTABLE
E10: ISLA DEL FRAILE	Regresivo moderado	Progresivo moderado	REGRESIVO BAJO
E11: ISLA PLANA – PONIENTE	Progresivo moderado	Progresivo moderado	PROGRESIVO ALTO
E12: CALA REONA	Progresivo bajo	Estable	PROGRESIVO BAJO
E13: CALA ESCALERA – PROFUNDA	Progresivo moderado	Regresivo moderado	REGRESIVO MODERADO
E14: PUERTO TOMÁS MAESTRE	Progresivo moderado	Progresivo bajo	PROGRESIVO MODERADO
E15: ISLA DE LAS PALOMAS	Estable	Progresivo moderado	PROGRESIVO MODERADO
E16: EL MUELLECICO	Progresivo moderado	Progresivo alto	PROGRESIVO ALTO
E17: CALBLANQUE	Progresivo alto	Progresivo alto	PROGRESIVO ALTO
E18: ISLA GROSA 15M	Progresivo alto	Progresivo alto	PROGRESIVO ALTO
E19: ISLA GROSA 12M	Estable	Progresivo moderado	PROGRESIVO MODERADO

Tabla 43: Diagnóstico final de cada pradera

5.8.4. Síntesis y valoración general de resultados

Teniendo en cuenta solo las praderas con series temporales de los descriptores entre 7 y 10 años (17 de las 19 que forman la red de seguimiento), 12 casos (70,6%) presentan una dinámica progresiva en mayor o menor grado, 1 caso (5,9%) son estables y 4 (23,5%) están en regresión. De los casos en regresión, 2 son explicados claramente por causas antrópicas (efecto del fondeo no controlado en Cala Cerrada somera y profunda), 1 caso (Isla del Fraile) podría estar relacionado con la influencia de vertidos acuícolas (pero no es posible determinarlo con los datos disponibles) y solo 1 caso (Cala Escalera-profunda) no se relaciona con ningún tipo de presión antrópica, sino más bien con dinámicas a largo plazo de las praderas relacionadas con perturbaciones extremas poco frecuentes (temporales históricos). Este caso confirma la existencia de praderas con dinámicas regresivas en condiciones naturales, aparentemente no influenciadas por la presión antrópica (áreas marinas protegidas), y que ha llevado a algunos autores a proponer una regresión de carácter más global de las praderas de *P. oceanica* en el Mediterráneo (Marbà 2009; Bonhome et al 2010). Sin embargo, el porcentaje de casos en regresión observado por estos autores es mucho mayor que el detectado en la Región de Murcia; por otro lado, como se ha comentado antes, el carácter regresivo de estas praderas depende de la escala temporal con la que se realiza la observación. Por ejemplo, la regresión de la cobertura en la pradera de Cala Escalera-profunda, tiene lugar entre 2005 y 2007; a partir de este año la tendencia revierte y, tanto la densidad de haces como la cobertura, mantienen una tendencia progresiva. Si el seguimiento hubiera empezado en 2007, probablemente no se habrían registrado los efectos del temporal de invierno de 2005 y el diagnóstico para esta estación ahora sería de progresivo alto. De ahí la importancia de las series temporales y su mantenimiento a largo plazo. Los muestreos puntuales o series temporales cortas (2-7 años) no sirven para determinar el estado de este ecosistema de crecimiento lento, ya que la respuesta a perturbaciones puede tener inercia de varios años y su recuperación es lenta y requiere varios años, incluso décadas.

Al menos en la Región de Murcia, la regresión de las praderas de *P. oceanica* se debe principalmente a impactos locales de las actividades humanas. La estrecha relación entre la regresión de las praderas y las perturbaciones antrópicas implica que, en muchos casos, la gestión adecuada de la actividad humana puede evitar o detener la pérdida de praderas e incluso permitir su recuperación (en caso de que la pérdida no sea total). Así pues, los síntomas regresivos observados en las praderas de Isla del Fraile o en Cala Cerrada podrían detenerse, e incluso revertirse, si se controla el volumen de producción de las granjas marinas o se instalan boyas de fondeo para centros de buceo y navegantes en las áreas marinas de mayor interés de conservación (y más frecuentadas). Igualmente, la instalación de arrecifes artificiales ha demostrado ser una medida eficaz para detener la regresión de las praderas que hace varias décadas estuvieron intensamente expuestas al impacto de la pesca de arrastre, tal y como muestran los resultados obtenidos en praderas como la de Calabardina (Águilas) o la de la Isla de las Palomas (Cartagena).

Estos resultados no pueden ser extrapolados al conjunto de praderas de la Región de Murcia ya que la selección de las praderas empleadas para este estudio está sesgada hacia praderas localizadas en zonas del litoral murciano con buen estado de conservación (la mayoría se

encuentran en figuras de protección como Reserva Marina, ZEPA y LIC). Es decir, la proporción de praderas afectadas por presiones antrópicas en la Región de Murcia es sin duda mucho mayor que lo reflejado en este estudio, ya que la mayoría de estas praderas no han sido incluidas en este proyecto. Algunas estaciones, como Isla del Fraile, Cala Reona o Puerto de Tomás Maestre podrían estar expuestas a cierto grado de influencia del impacto de determinadas actividades antrópicas, pero en cualquier caso parece tratarse de influencias difusas y leves, con escasa capacidad de causar alteraciones estructurales detectables de las praderas (excepto quizás en el caso de los vertidos acuícolas en la Isla del Fraile).

Sin embargo, lo que si se puede decir es que las praderas de la región de Murcia no influenciadas por presiones antrópicas significativas, al menos en el periodo de años considerado (2004-2013), se encuentran en un estado de conservación favorable y presentan dinámicas características de praderas estables y progresiva en condiciones naturales. Estos resultados son similares a los obtenidos en las regiones vecinas de la Generalitat Valenciana (especialmente en Alicante; Guillén et al. 2013), pero contrastan con los de otras regiones del Mediterráneo español, como Baleares, en las que se han detectado tendencias regresivas de praderas no expuestas a impactos antrópicos aparentes en una proporción mayor de casos (Marbà 2009); la ausencia de impactos que expliquen estos comportamientos regresivos en Baleares ha llevado a relacionarlos con los efectos del cambio climático global, en concreto al calentamiento causado por las olas de calor de 2003 y 2006 (Marbà y Duarte 2010). Las series temporales de este estudio, comienzan justo después de la gran ola de calor de 2003 y, por tanto, no podemos afirmar con certeza si las praderas de la Región de Murcia estuvieron afectadas por el calentamiento asociado a esta ola de calor o no. No obstante, resulta bastante llamativo que un número elevado de praderas de nuestra red de seguimiento muestran una tendencia regresiva entre 2004 y 2006 para, al menos, uno de los dos descriptores, y/o estos años mantienen los valores medios más bajos de la serie temporal. De hecho, se puede comprobar cómo en muchas estaciones los descriptores (al menos uno de ellos) muestran inicialmente valores de Kendall τ negativos (tendencias regresivas), que con los años se van aproximando a cero (estables) e incluso se vuelven positivos (tendencias regresivas) al final de la serie temporal. Como hipótesis, es posible que los desequilibrios metabólicos inducidos por la ola de calor sean compensados a nivel poblacional mediante una reducción del número de haces (incremento de la mortalidad) y que estos ajustes poblacionales se transmitan hacia los años siguientes al que se produce el calentamiento. Sin embargo, esto no es más que una hipótesis. Para conocer este tipo de relaciones es fundamental disponer de registros en continuo de la temperatura que puedan relacionarse con las variaciones temporales de la estructura poblacional de las praderas, tal y como se ha empezado a trabajar en este proyecto (ver Anexo I).

Un aspecto interesante es comprobar cómo a medida que aumenta el número de años de la serie temporal se obtienen estimas más fiables y representativas de sus tendencias. Esto se observa sobre todo en la evolución del estadístico Kendall- τ con respecto al número de años de la serie temporal. El valor de este estadístico suele ser muy variable los 5-6 primeros años, pero a partir de los 7-8 años empieza a estabilizarse (excepto en algunos casos). Esto se debe a la existencia de variaciones cíclicas plurianuales, más o menos definidas, y más o menos prolongadas, que alternan periodos de años con crecimiento positivo con periodos de años con crecimiento negativo. De esta forma, lo que los primeros años parece una tendencia regresiva, a medida que pasan los años se comprueba cómo la tendencia se revierte hacia una dinámica

más estable o incluso progresiva (véase como ejemplo la evolución de la densidad de haces y de la cobertura de la pradera de Isla Plana-Poniente, La Azohía o incluso Cala Escalera-profunda). De estos resultados se deduce que diagnósticos del estado de las praderas basados en series temporales cortas (inferiores a 7 años) serán probablemente erróneos.

Es igualmente interesante comprobar que los patrones de la evolución temporal de los descriptores de praderas localizadas dentro de una determinada zona geográfica son más similares entre sí que con los de praderas localizadas en áreas geográficas más alejadas. Aunque no ha sido estudiado, esto podría indicar que parte de las variaciones cíclicas comentadas anteriormente podrían estar influenciadas por factores ambientales locales.

Por último, otro aspecto interesante es que las variaciones interanuales y plurianuales definidas por la evolución de los descriptores son reales y no están influidas o enmascaradas por otros factores que podrían interferir dicha variabilidad, como la heterogeneidad espacial de las praderas. Esto se debe a la metodología empleada, por la cual las medidas de los descriptores se realizan siempre tomando puntos de referencia en el espacio (piquetas, transectos, cuadrados permanentes). Por ejemplo, se suele argumentar que las mediciones de la densidad de haces realizadas al azar no son capaces de detectar cambios en el tiempo porque en su error contienen una elevada influencia de la heterogeneidad espacial característica de este descriptor en las praderas. En nuestro caso se ha tenido en cuenta esta posibilidad para minimizar este efecto de enmascaramiento. Por ejemplo, la densidad de haces se realiza al azar pero dentro de las manchas de pradera viva (muestreo estratificado), de forma que la varianza es mucho menor que si se realiza totalmente al azar. Esto es debido a que la variabilidad de las medidas completamente al azar incorporan el efecto de la distribución de los haces a mesoescala, que es altamente contagiosa, y esto además es precisamente lo que mide el otro descriptor, la cobertura de las manchas de pradera. Pero además, en este estudio se han empleado cuadrados permanentes, que permiten medir con muy alta precisión, el número de haces que hay en un punto determinado de la pradera, de forma que la influencia de la heterogeneidad espacial debida a la distribución de las manchas es nula y su evolución solo refleja las variaciones temporales. Lo realmente interesante es que, en la mayoría de los casos estudiados, el patrón de variación temporal de la densidad de haces obtenida mediante cuadrados al azar (dentro de manchas) ha sido altamente consistente con el de las series temporales obtenidas mediante los cuadrados permanentes. Esto significa que las medidas de haces al azar reflejan variaciones temporales reales y que, por tanto, estos métodos más sencillos son perfectamente válidos para determinar cambios y tendencias de las praderas. No obstante, por otro lado, hay excepciones. En algunas (pocas) praderas no se observa esta consistencia entre ambos métodos (cuadrados al azar y cuadrados permanentes). Estos casos han sido muy pocos, pero en todos ellos han puesto en evidencia alteraciones de la estructura de la pradera que los otros descriptores no han sido capaces de detectar. La razón principal de esta discrepancia es que las mediciones de la densidad de haces y de la cobertura se realizan sobre toda la superficie de pradera muestreada (unos 600 m²), mientras que los cuadrados permanentes se instalan todos muy cerca del límite de la pradera, que es una zona de la misma mucho más vulnerable a la influencia de las perturbaciones, tanto antrópicas como naturales, y en particular las relacionadas con la hidrodinámica y la sedimentación o con erosiones mecánicas. Este “efecto borde” es particularmente notable en las praderas naturales con paisajes altamente fragmentados a consecuencia del régimen hidrodinámico dominante, de la profundidad (límites

inferiores) o de la naturaleza del sustrato (pendiente, tipo de sustrato) (p.e. Calblanque o Cala Escalera-profunda). Por tanto, es en este tipo de praderas en las que la instalación de cuadrados permanentes es más necesaria.

Calidad de los datos

La experiencia acumulada a lo largo de los años de proyecto (2004-2013) nos ha permitido realizar modificaciones de los métodos del proyecto que, sin duda alguna, han mejorado aspectos tan importantes como la seguridad de las inmersiones o la calidad científica de los datos. Estas modificaciones incluyen, entre otras, aspectos pedagógicos de la formación de los buceadores, control de la precisión y exactitud de las medidas, reducción del número de participantes y reducción del número de mediciones. De esta manera se ha consolidado un protocolo definitivo para llevar a cabo con éxito los objetivos del proyecto. Con respecto al objetivo de obtener datos científicamente válidos, éste ha sido confirmado mediante la realización de controles específicos de los descriptores (mediciones por censadores expertos) y la aplicación de filtros estadísticos. Una buena parte de los datos obtenidos por los buceadores voluntarios ha sido incorporada a las bases de datos en que se basan las series temporales obtenidas y analizadas en este informe.

Año	Nº estaciones	Nº puntos/Est	Centros	nº Voluntarios
2004	9	10	8	107
2005	13	8	13	83
2006	14	6	10	49
2007	17	6	10	32
2008	17	6	11	47
2009	17	6	12	46
2010	17	6	9	66
2011	17	6	9	63
2012	17	6	9	65
2013	19	6	8	103
TOTAL				661

Tabla 44. Participación de centros de buceo y buceadores voluntarios en el periodo 2004- 2013.

Participación y perfil de los buceadores voluntarios

De acuerdo con la experiencia adquirida en años anteriores y siguiendo las sugerencias de los buceadores-voluntarios, la planificación de la actividad en 2012 se modificó ligeramente con respecto a años anteriores. A este respecto, y con el fin de mejorar las medidas en campo por parte de los buceadores-voluntarios y de optimizar el tiempo invertido por los mismos, las charlas formativas fueron impartidas a los grupos de voluntarios la misma mañana en la que se realizaron los muestreos. De esta manera se optimizaba el tiempo invertido en la actividad por parte de los buceadores-voluntarios, y se mejoraban las medidas realizadas durante la inmersión al tener frescas las instrucciones impartidas por el equipo de trabajo del IEO. Con el

fin de concentrar la actividad durante el mínimo espacio de tiempo en los meses de verano, durante un fin de semana se realizaban dos muestreos.

Los grupos de buceadores-voluntarios estuvieron, de forma general, compuestos por 8 integrantes, si bien, en varias ocasiones el equipo de trabajo empleó embarcación propia (neumática Posidonia Segundo del IEO) y en tal caso los grupos, por cuestiones logísticas, estuvieron formados por 6 personas.

Respecto a las características de los buceadores participantes, el 71% fueron hombres y el 29% mujeres. Rango de edad de los participantes fue muy amplio, aproximadamente entre 18 y 52 años.

Se observó que el nivel de buceo (titulaciones) de la mayoría de los voluntarios participantes pertenecía a un nivel intermedio ("2 estrellas" para la Federación Española de de Actividades Subacuáticas (FEDAS) o "avanzado" para otras asociaciones internacionales de buceo (PADI, ACUC, SSI, etc.)

Al igual que en años anteriores, la formación profesional de la población de buceadores voluntarios participantes es muy heterogénea.

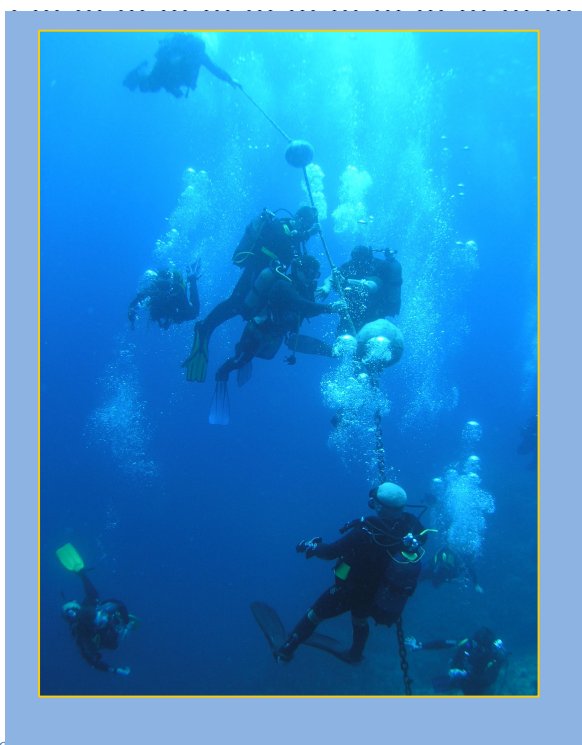


Figura 92. Pareja de buceadores voluntarios llegando a superficie tras la finalización de los trabajos de seguimiento en una de las estaciones. Fotografía: J.M. Ruiz

6. Floración en las praderas de *Posidonia oceanica* de la Región de Murcia en 2013

6.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

Posidonia oceanica, como el resto de fanerógamas marinas, es capaz de reproducirse mediante reproducción sexual, lo que implica el desarrollo de flores y frutos. Sin embargo, estos mecanismos de reproducción sexual no son tan frecuentes como los observados en otras

especies y tienen una importancia menor en los procesos de colonización y dispersión de la especie respecto al crecimiento vegetativo a través del crecimiento del rizoma horizontal (Díaz-Almela et al. 2007).

El ciclo sexual de *P. oceanica* se puede resumir en cuatro fases bien diferenciadas, a saber:

1. *Floración*: las flores aparecen a principios de otoño, agrupadas en inflorescencias a modo de espiga (ver figura 1). Cada espiga contiene varias espigas más pequeñas, denominadas especulas, en las que se desarrollan varias flores hermafroditas. Cada flor posee un solo óvulo y varias anteras dehiscentes, visibles a simple vista normalmente a partir del mes de diciembre, en las que se forman grandes cantidades de un polen especialmente adaptado a la dispersión en medio acuático.
2. *Fecundación y formación del fruto*: La fecundación tiene lugar normalmente sobre el mes de octubre. Los óvulos una vez fecundados se van engrosando hasta formar el fruto, que por su particular aspecto similar a una oliva son conocidos vulgarmente como “oliva de mar” y que suelen ser visibles en la pradera en el mes de diciembre.
3. *Dispersión del fruto y germinación de la semilla*: Una vez maduros, los frutos se desprende de la planta y como consecuencia de su flotabilidad positiva se desplazan hasta la superficie, dispersándose entonces a la deriva. Cuando el fruto se abre, se libera una única semilla que al tener flotabilidad negativa se hunde de nuevo hasta el fondo donde germina produciendo el primer haz de hojas, un pequeño segmento de rizoma y una raíz para fijarse al sedimento (ver figura 1).

La floración de *P. oceanica* es un fenómeno esporádico e irregular que presenta una gran variabilidad temporal y espacial (Díaz Almela et al., 2006; Díaz Almela et al., 2007; Borum & Greve, 2004). Además, como consecuencia de fenómenos naturales como los efectos erosivos asociados a un fuerte hidrodinamismo o el herbivorismo una buena parte de las flores no acaba generando frutos. Los frutos a su vez presentan una probabilidad baja de germinar, enraizar y sobrevivir a la inestabilidad del sedimento. Por tanto la formación de una nueva mancha de pradera a partir de semillas es, como se comentaba, anteriormente poco probable.

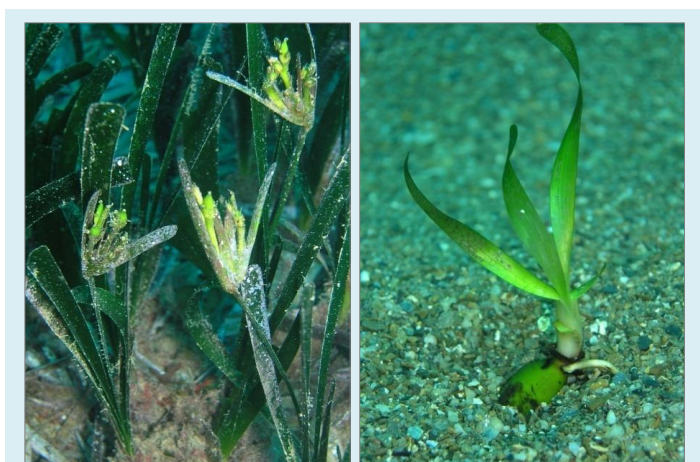


Figura 93. Detalle de una inflorescencia de *P. oceanica* (izquierda.) y de una semilla después de la germinación (derecha.).

La floración es un fenómeno escaso y aparentemente impredecible si bien parecen existir unas pautas cíclicas que podrían estar relacionadas a su vez con cambios cíclicos ambientales (Díaz Almela et al., 2007). Sin embargo, se han descrito en el Mediterráneo Occidental, episodios masivos de floración relacionados con la incidencia de anomalías positivas de la temperatura del agua (u olas de calor) que se producen en veranos y otoños especialmente calurosos, como los del 2003 o del 2006. La floración en estos casos se entiende como una respuesta a estrés térmico, tal y como ya ha sido descrito en plantas terrestres (Díaz Almela et al., 2007). En cualquier caso, los mecanismos responsables de esta respuesta siguen siendo desconocidos, pero el análisis y frecuencia de los episodios de floración de las praderas pueden ser buenos macrodescriptores de los efectos del calentamiento global del Mediterráneo en los ecosistemas marinos, tal y como ya han reconocido importantes programas internacionales (p.e. CIESM; Moschella, 2008; RAC/SPA, 2012).

El número de haces en floración en las praderas de *P. oceanica* suele presentar unos valores relativamente bajos, inferiores al 3%, si bien se han descrito fenómenos de floración masiva en los que se han obtenido valores superiores al 10%. (Díaz Almela et al., 2006; Borum & Greve, 2004). En el caso de la Región de Murcia existe poca información relativa a eventos de reproducción, observándose en los pocos estudios desarrollados valores inferiores al 1% de haces en floración (Díaz Almela et al., 2006). Las importantes variaciones observadas en la intensidad de floración de las praderas del mediterráneo han sido asociadas, además de a los fenómenos de calentamiento del mar antes mencionados, a factores locales como la profundidad o la disponibilidad de nutrientes.

En cualquier caso, como ya se comentaba anteriormente, la importancia de la reproducción sexual en *P. oceanica* es todavía poca conocida. La floración de fanerógamas, el desarrollo completo de los frutos y la germinación de la semilla, constituyen indicadores inequívocos del buen estado y vigor de las praderas. Además, fenómenos como el cambio climático pueden a su vez tener consecuencias sobre la fenología reproductiva (variaciones en la intensidad de floración, por ejemplo) que a su vez puede ser uno de los mecanismos implicados en los cambios en la distribución y abundancia a pequeña y gran escala de las praderas de *P. oceanica* (Díaz Almela et al., 2007). Por tanto, el estudio de los fenómenos de floración en las praderas de la red de seguimiento puede ser importante para valorar el funcionamiento y estado ecológico de las praderas a largo plazo. En el presente anexo se muestran los resultados obtenidos en la campaña de 2009.

6.2. METODOLOGÍA.

Para la caracterización cuantitativa de los procesos de floración en las distintas praderas de estudio se determinó el índice de intensidad de floración (FI), entendido este como el número de inflorescencias producidas por cada haz (n° inflorescencias haz^{-1}). Para la estima de esta variable se cuantifico el número de inflorescencias en los mismos cuadrados que se emplean para las mediciones de la densidad de haces (ver apartado 5 del presente documento). Se anotaba además la presencia de inflorescencias fuera de los cuadrados de muestreo. Todos los muestreos fueron realizados entre octubre y noviembre de 2010, que es la época del año en que aparecen las inflorescencias.

6.3. RESULTADOS

En el año 2013 se han observado procesos de floración en tres de las estaciones muestreadas durante la estación de otoño:

- En **Cala Escalera profunda** se encontraron dos flores en la superficie muestreada mediante los cuadrados que se utilizan para el estudio de densidad y cobertura de las praderas de *P. oceanica*.

- En **Isla Plana poniente** se detectó la presencia de flores pero no estaban incluidas dentro del área de muestreo donde se realizaron las medidas de los descriptores de las praderas.

- En **La Azohía** se detectó la presencia de flores pero no estaban incluidas dentro del área de muestreo donde se realizaron las medidas de los descriptores de las praderas.

En la tabla 46 se muestran los valores de IF estimados para cada estación en 2013, junto con los valores estimados en los años en los que se ha producido un episodio de floración. El seguimiento de la floración de *P. oceanica* comenzó a realizarse en el año 2009 y durante los años 2010 y 2012 no se encontraron flores en ninguna de las estaciones estudiadas.

6.4. DISCUSIÓN-CONCLUSIÓN

En el periodo estudiado (2009-2013) parece haber una periodicidad de floración de las praderas de la Región de Murcia de 2 años, aunque con una intensidad (IF) muy variable entre años y una muy elevada heterogeneidad espacial.

El episodio de floración de 2013 ha sido el menos intenso de los observados, tanto en términos de IF como en su extensión espacial (solo han aparecido inflorescencias en 3 estaciones).

El episodio de 2009 fue el más extensivo, ya que fue observado en todas las estaciones, aunque su intensidad fue baja, ya que sus valores medios de IF fueron del orden de (o inferiores a) los valores mínimos de floración anual observados en el mediterráneo occidental durante el periodo 1972-2004 (0,003 flores haz^{-1} , año 1984; Díaz Almela et al., 2006). Estos valores significan que, en promedio, florecen menos de un 1% de los haces de la pradera.

El episodio de floración registrado en 2011 es menos extensivo que el de 2009 (hay 5 praderas en las que no se observó ninguna inflorescencia), pero mucho más extensivo que el de 2013. En este año se registran los valores máximos de IF de todo el periodo estudiado (hasta 0,23) y sus valores medios por pradera (0,002-0,02) son en general más elevados que los observados en 2009. De hecho, en casi todas las estaciones, los valores medios de IF son similares (o incluso más elevados) que los observados en las praderas de Región de Murcia durante los fenómenos de floración masiva ocurridos en los años 2003 y 2004 (0,02 inflorescencias haz^{-1} en 2003 y 0,05 inflorescencias haz^{-1} en 2004; Díaz Almela et al., 2006). Estos valores significan que florecen entre el 4 y el 11% de los haces, lo cual es similar a los valores observados en fenómenos de floración masiva (10%; Díaz Almela et al., 2006; Borum & Greve, 2004).

Desconocemos, por ahora, si estos eventos de floración, y su variación en intensidad y extensión, se encuentran relacionados con factores de tipo ambiental o climático.

ESTACION		2009		2011		2013	
		rango	Media \pm ES	rango	Media \pm ES	rango	Media \pm ES
E2	CALA TUNEZ	0 - 0,0952	0,0164 \pm 0,0076	0 - 0,1114	0,0170 \pm 0,0077	0	0
E3	CALA DE LA ESCALERA - SOMERA	+	< 0,003	+	0,003	0	0
E5	CALA CERRADA - SOMERA	+	< 0,003	0 - 0,0474	0,0029 \pm 0,0023	0	0
E6	CALA CERRADA - PROFUNDA	0 - 0,0714	0,0048 \pm 0,0048	0 - 3,0303	0,1443 \pm 0,1443	0	0
E7	LA AZOHÍA	+	< 0,003	0 - 0,0841	0,0130 \pm 0,0052	0	0
E8	ISLA PLANA - LEVANTE	+	< 0,003	0 - 0,0600	0,0135 \pm 0,0044	0	0
E9	CALABARDINA	0 - 0,0435	0,0075 \pm 0,0040	0	0	0	0
E10	ISLA DEL FRAILE	+	< 0,003	0	0	0	0
E11	ISLA PLANA - PONIENTE	0 - 0,0417	0,0087 \pm 0,0035	0 - 0,0915	0,0221 \pm 0,0053	+	0,003
E12	CALA REONA	+	< 0,003	+	0,003	0	0
E13	CALA ESCALERA - PROFUNDA	0 - 0,0500	0,0059 \pm 0,0041	0 - 0,0474	0,0125 \pm 0,0049	0 - 0,0270	0,0030 \pm 0,0022
E14	PUERTO TOMÁS MAESTRE	+	< 0,003	0	0	0	0
E15	ISLA DE LAS PALOMAS	+	< 0,003	0 - 0,0422	0,0020 \pm 0,0020	0	0
E16	EL MUELLECICO - CAULERPA	0 - 0,0769	0,0078 \pm 0,0046	0	0	0	0
E17	CALBLANQUE - CAULERPA	0 - 0,0690	0,0045 \pm 0,0035	+	0,003	0	0
E18	ISLA GROSA	+	< 0,003	0 - 0,0187	0,0018 \pm 0,0012	0	0
E19	ISLA GROSA - CAULERPA	+	< 0,003	0	0	0	0
E20	ISLA GROSA 20 m	-	-	-	-	0	0
E21	ISLA GROSA 32 m	-	-	-	-	0	0

Tabla 45. Rangos y medias (\pm ES) de IF obtenidos para cada pradera durante el periodo de muestreo 2009-2013. (+): presencia de inflorescencias en la pradera fuera del área establecida para la medida de los descriptores. (-): estaciones no muestreadas.

7. Distribución y dispersión del alga invasora *Caulerpa racemosa* en el litoral de la Región de Murcia

7.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El alga exótica invasora *Caulerpa racemosa* var *cylindracea* alcanzó las costas murcianas en 2005. Desde entonces su expansión en la costa murciana ha sido muy rápida y ha llegado a cubrir considerables superficies entre 10 y 30 metros de profundidad. La fase de invasión inicial entre 2005 y 2007 ha sido estudiada dentro de este proyecto y los resultados pueden ser consultados con detalle en Ruiz et al. (2011). Para más detalles se puede consultar también Ruiz et al. 2010.

En las superficies ocupadas el alga puede llegar a alcanzar importantes biomasa que recubren por completo la comunidad bentónica original (nativas) y, por tanto, afectar su estructura y funcionamiento o incluso desplazarlas por completo. Sin embargo, el grado de impacto de esta alga invasora sobre los ecosistemas marinos depende en gran medida del grado de desarrollo que puede alcanzar sobre los nuevos fondos colonizados. Se ha visto que este grado de desarrollo (biomasa) presenta una importante variación espacial y temporal asociada a la influencia de numerosos factores, tanto abióticos (profundidad, disponibilidad de luz, tipo de sustrato o hidrodinamismo, estacionalidad) como bióticos (estructura tridimensional de la comunidad, herbívoros), así como a la interacción de todos ellos con variaciones regionales específicas (tipo de clima, características oceanográficas, comunidades dominantes, etc.). Por tanto, la variación espacial y temporal del grado de colonización del alga es muy amplia entre y dentro de localidades y entre años y meses del mismo año. También es muy variable dependiendo del tipo de biocenosis y su complejidad estructural. Por ejemplo, como se ha descrito en otras regiones del mediterráneo occidental, en la Región de Murcia, mientras las comunidades de algas fotófilas están siendo completamente cubiertas y desplazadas por el alga (Fig. 94), algunas comunidades de algas con un estrato “arbóreo” bien desarrollado (p.e. la comunidad de *maërl* de Calblanque) y las praderas de *Posidonia oceanica* parecen ofrecer una mayor resistencia a la penetración del alga (Ruiz et al. 2011). Sin embargo, se desconocen los efectos a largo plazo de la invasión y si finalmente la presión competitiva ejercida por el alga invasora terminará colonizando estas comunidades aparentemente más resistentes.

Junto con otros aspectos no abordados por este proyecto, el seguimiento y conocimiento de estas interacciones entre el alga invasora y las comunidades nativas es en este momento



Figura 94. Fondos invadidos por *Caulerpa racemosa* en Cabo Tiñoso

importante para comprender y valorar cuales van a ser las consecuencias de esta invasión, tanto a nivel de ecosistema como a nivel de la actividad del hombre sobre los recursos marinos que dependen del buen funcionamiento de los ecosistemas, como la actividad pesquera. De acuerdo con esto y los objetivos generales, los objetivos específicos de esta parte del proyecto es a) continuar documentando la dispersión geográfica del alga en nuestra región y b) determinar la interacción a largo plazo entre el alga invasora y la pradera de *P. oceanica*. La hipótesis general es que no hay diferencia en la abundancia del alga dentro y fuera de la pradera y que a medida que pasa el tiempo la invasión del alga es capaz de desplazar competitivamente a la angiosperma marina, reduciendo su abundancia.

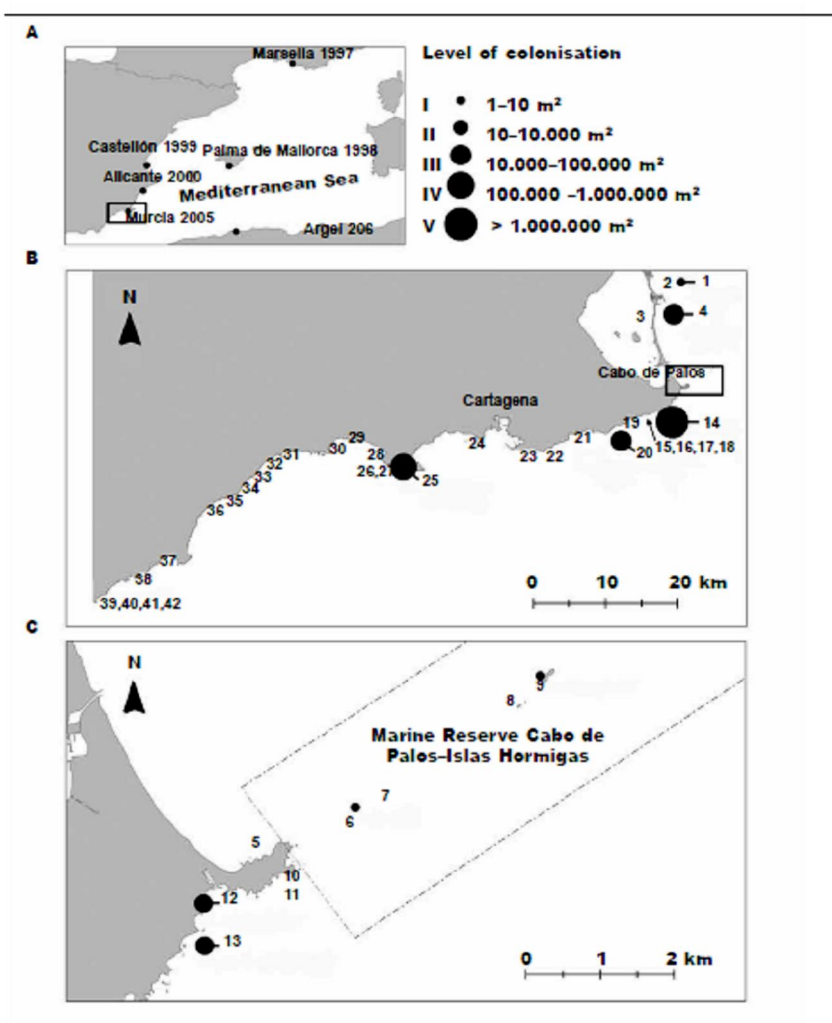


Fig. 1. A. Recent spread of *C. racemosa* in: A. Western Mediterranean basin; B. Distribution of sampling stations on the Murcia coast; C. Distribution of sampling stations in the Marine Reserve Cabo de Palos-Islas Hormigas. Invaded stations are indicated by black circles, the size of which corresponds to one of the five categories of colonisation level. Information related to the 42 sampling stations is included in appendix 1.

Fig. 1. A. Expansión reciente de *C. racemosa* en la cuenca mediterránea occidental; B. Distribución de las estaciones de muestreo en la costa de Murcia; C. Distribución de las estaciones de muestreo en la reserva marina del Cabo de Palos-Islas Hormigas. Las estaciones invadidas se indican mediante círculos negros, cuyo tamaño corresponde a una de las cinco categorías de nivel de colonización. En el apéndice 1 se incluye la información relacionada con las 42 estaciones de muestreo.

Figura 95. Fase inicial de invasión de *C. racemosa* en la Región de Murcia (tomado de Ruiz et al. 2011).

7.2. METODOLOGÍA

a) Dispersión geográfica. Durante el año 2013 se ha determinado la abundancia del alga invasora en todas las estaciones de la red de seguimiento. En cada estación se midió la abundancia semicuantitativa de *C. racemosa*, empleando un cuadrado de 40x40 cm subdividido en 64 subcuadrados de 5x5 cm. La abundancia relativa (0-100%) se obtiene dividiendo el número de subcuadrados con presencia por el número total de subcuadrados (64). Se realizaron unas 15 réplicas en cada estación entre octubre y noviembre de 2013.

b) Interacción con *P. oceanica*. El estudio de la interacción del alga con la pradera de *P. oceanica* se ha realizado en tres localidades en las que la presencia y dispersión del alga se ha producido con especial intensidad y se encuentra bien documentada (Ruiz et al. 2011; Fig. 95): Isla Grosa (-11 m), Calblanque (-25-26 m) y Cabo Tiñoso (El

Muellecico, -22 m). Las tres estaciones forman parte de la red de seguimiento (apartado 6). En cada una de estas localidades, las dos cuestiones fundamentales a valorar son i) la capacidad de penetración del alga dentro de la pradera y ii) una vez consigue penetrar en la pradera ¿es capaz de alterar la estructura de la pradera? Ambas cuestiones apenas han sido evaluadas en el Mediterráneo, aunque muchos investigadores han pronosticado la regresión de las praderas en zonas colonizadas por el alga.

Para responder a estas cuestiones, en 2007 se instalaron, en cada estación, 10 cuadrados permanentes de 40x40 cm en los límites de pradera en contacto con sustratos completamente colonizados por el alga. En cada pradera se instalaron dos grupos de 5 cuadrados fijos separados unos 25 metros entre sí, que denominamos sitio A y sitio B (con el objetivo de obtener medidas lo más representativas posibles de la estación).

Cada año, entre verano y otoño, en cada cuadrado permanente se ha realizado un recuento muy precisos del número de haces de *P. oceanica* para conocer el balance del crecimiento poblacional neto anual, y cuyos resultados ya han sido mostrados y explicados en el apartado 6 del presente informe. En los mismos cuadrados se mide la abundancia semicuantitativa de *C. racemosa*, empleando un cuadrado del mismo tamaño subdividido en 64 subcuadrados de 5x5 cm (Fig. 96). Este cuadrado se superpone sobre el cuadrado fijo, se cuenta el número de subcuadrados con presencia del alga y se divide por el número total de subcuadrados (expresado en porcentaje). Esta medida representa la abundancia del alga invasora dentro de la pradera. Para medir la abundancia del alga fuera de la pradera de *P. oceanica*, se realizaron 5 réplicas en cada sitio (N = 10) de la forma explicada anteriormente. Las medidas de abundancia del alga se

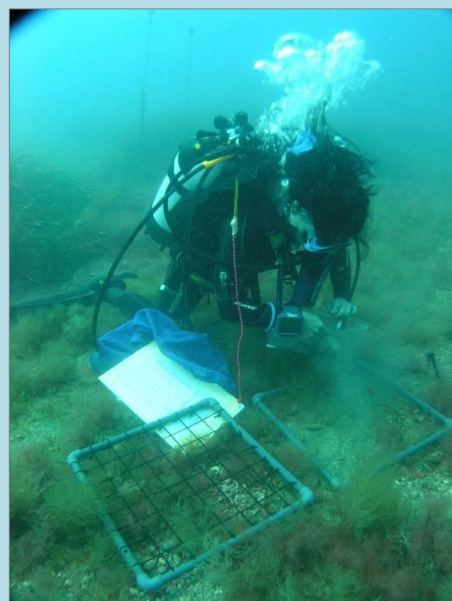


Figura 96. Muestreo para la estima de biomasa de *C. racemosa* en una de las estaciones de seguimiento. J.M. Ruiz

realizan también en invierno para tener una idea del grado de variación estacional (que se ha visto que también es diferente de un año a otro). Las frecuencias obtenidas son transformadas a biomasa mediante una relación empírica obtenida a partir de datos propios (datos no publicados). Por otra parte, en cada pradera se realiza una caracterización de la estructura de la pradera mediante la medición de la densidad de haces (en cuadrados 20x20 al azar) y el porcentaje de cobertura, siguiendo la metodología descrita en el apartado 6. Los resultados pueden haber sido también mostrados en este mismo apartado. En este apartado se muestran los resultados obtenidos de la abundancia del alga dentro y fuera de la pradera de *P. oceanica* y su variación temporal.

7.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.3.1. Dispersión geográfica: evolución y situación actual.

C. racemosa fue detectada por primera vez en aguas de la Región de Murcia en el año 2005 sobre fondos de arenas infralitorales frente al Parque Regional de Calblanque. Posteriormente, en 2006, se observaron fondos colonizados por el alga en Cabo Tiñoso (Cartagena) e Isla Grosa, alcanzando en 2007 toda la franja litoral localizada frente a La Manga del Mar Menor y los fondos rocosos de la Reserva Marina de Cabo de Palos. En 2008 el alga continúa su expansión por la región, identificándose en 2009 en aguas de la localidad de Águilas (límite sur de la Región de Murcia) y estando por tanto ya presente, aunque no de forma continua, en toda la franja costera murciana, tanto en comunidades mediolitorales como en zonas más profundas, sobre comunidades de detrítico.

Respecto a la presencia del alga en las estaciones de la red de seguimiento, hasta 2012 *C. racemosa* fue detectada en 10 de las 19 localidades que componen la red actual (tabla 46), mientras que en 2013 el alga apareció en un mayor número de estaciones (16). Dependiendo de la estación, el alga aparece colonizando un tipo de sustrato u otro y con intensidad muy variable, pero en cualquier caso apenas se observa penetrando en el interior de la pradera de *P. oceanica*.

De las estaciones colonizadas en 2013 que no estaban colonizadas en 2012, solo 2 de ellas son estaciones en las que el alga nunca había estado presente antes (Cala Túnez, en Cabo de Palos, y Puerto de Tomás Maestre; ambas a 5-7 m). El resto (Is. Palomas, Is. Grosa-5m, Is. Grosa-20m e Is. Grosa-32m) ya habían sido colonizadas previamente entre 2006 y 2008. Esto indica dos cosas. En primer lugar que el proceso de colonización todavía continúa en la actualidad, particularmente en las zonas más someras, que han permanecido menos accesibles al alga que las partes más profundas, completamente colonizadas. Por otro lado, estos resultados indican la elevada variabilidad temporal de la abundancia del alga en las zonas colonizadas (ver siguiente apartado), lo que en principio permitiría cierta recuperación de las comunidades nativas invadidas.

En general, la abundancias del alga observadas en 2013 son más abundantes que las observadas en 2012, lo que indica que este año el alga ha tenido unas condiciones más óptimas para su crecimiento.

En base a estos datos parece por tanto descartable la aparición de síntomas de regresión generalizados en las poblaciones de *C. racemosa* de la región, tal y como se ha descrito para otras especies invasoras congénéricas en el Mediterráneo Occidental como *C. taxifolia* en litoral balear.

Estación de seguimiento	Año detección	Hábitats colonizados	% de presencia 2012	% de presencia 2013
			MEDIA±ES	MEDIA±ES
CALA TUNEZ	2013	Arena	0	54 ± 3
CALA ESCALERA - SOMERA	2010	Algas fotófilas sobre roca	12 ± 6	4 ± 3
CALA CERRADA - SOMERA	2011	Arenas y gravas infralitorales	38 ± 13	68 ± 19
CALA CERRADA . PROFUNDA	2010	Arenas infralitorales y mata muerta de <i>P. oceanica</i>	47 ± 17	31 ± 9
LA AZOHÍA	n.d.	Arena	0	0
ISLA PLANA . LEVANTE	n.d.	Arena	0	0
CALABARDINA	2012	Arena	25 ± 10	52 ± 16
ISLA DEL FRAILE	2012	Arena	40 ± 14	11 ± 6
ISLA PLANA . PONIENTE	n.d.	Arena	0	0
CALA REONA	2008	%Mata muerta+de <i>P. oceanica</i> y algas fotófilas	39 ± 8	57 ± 15
CALA ESCALERA . PROFUNDA	2010	Arenas y gravas infralitorales	45 ± 15	50 ± 18
PUERTO TOMÁS MAESTRE	2013	Arena	0	36 ± 17
ISLA DE LAS PALOMAS	2008	Arenas infralitorales y mata muerta de <i>P. oceanica</i>	0	68 ± 5
EL MUELLECICO - CAULERPA	2006	Arenas y gravas infralitorales	93 ± 4	90 ± 5
CALBLANQUE - CAULERPA	2005	Arenas y gravas infralitorales; maërl	26 ± 5	70 ± 8
ISLA GROSA	2006	%Mata muerta+de <i>P. oceanica</i>	0	98 ± 2
ISLA GROSA - CAULERPA	2006	%Mata muerta+de <i>P. oceánica</i> ; algas fotófilas sobre roca	9 ± 10	48 ± 12
ISLA GROSA 20 m	2006	Arena	0	24 ± 15
ISLA GROSA 32 m	2007	Arena	0	18 ± 7

Tabla 46. Estaciones de la Red de Seguimiento de las praderas de *P. oceanica* de la Región de Murcia en las que se ha detectado la presencia del alga invasora *C. racemosa*

7.3.2. Evolución temporal de la abundancia de *C. racemosa* dentro y fuera de la pradera de *P. oceanica*.

A lo largo del periodo de estudio (2007-2013) y salvo situaciones excepcionales en las que se observa una regresión generalizada tanto en las poblaciones de dentro y fuera de la pradera de *P. oceanica* (p.e., invierno 2010), los valores de biomasa registrados fuera de la pradera han sido entre 8 y 20 veces mayores (Fig. 97) que los observados dentro, lo que apoya la hipótesis de que la pradera es especialmente resistente a la invasión del alga y parece actuar a modo de barrera ecológica contra la dispersión del alga. Trabajos desarrollados por el grupo de investigación (GEAM-IEO) parecen confirmar la importancia de la disponibilidad de luz como un factor clave responsable de esta limitación al desarrollo del alga dentro de la pradera. Esto no descarta que otros factores estén implicados, pero toda la evidencia empírica y experimental indica que buena parte de la esta resistencia radica en el mantenimiento de unos niveles de luz limitante para el alga y que esto se debe al mantenimiento de la estructura del dosel vegetal de la pradera.

Los valores máximos de abundancia de *C. racemosa* fuera de la pradera se corresponden con el muestreo realizado en invierno del 2011 en la estación de Isla Grosa (Fig. 3). Dentro de la pradera las biomazas máximas fueron registradas en el muestreo de 2008 en todas las estaciones, y a partir de este año la abundancia es muy próxima a cero en todas las estaciones, independientemente de las variaciones de abundancia fuera de la pradera. En 2013 hubo un ligero aumento de biomasa de *C. racemosa* fuera de las praderas de Posidonia (respecto a 2012) en las estaciones de Isla Grosa y Calblanque, sin embargo los niveles de abundancia del alga en el interior de la pradera se mantienen en esos valores mínimos.

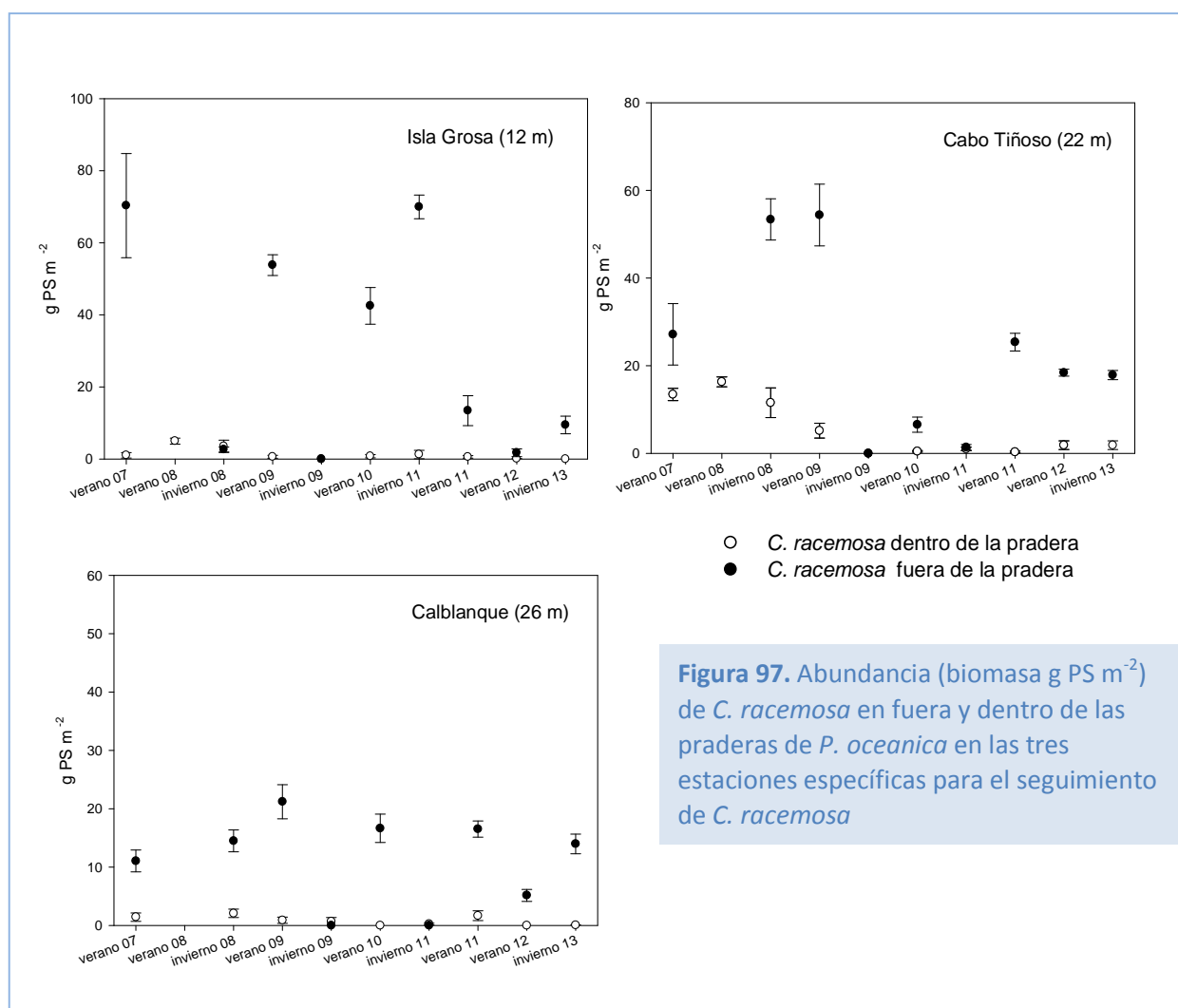


Figura 97. Abundancia (biomasa g PS m^{-2}) de *C. racemosa* en fuera y dentro de las praderas de *P. oceanica* en las tres estaciones específicas para el seguimiento de *C. racemosa*

Fuera de la pradera se observan fuertes variaciones interanuales de la abundancia del alga en todas las estaciones, posiblemente relacionadas con importantes cambios relacionados con el clima o meteorología local. Por ejemplo, determinadas perturbaciones como los fuertes temporales pueden explicar la desaparición del alga un año determinado, aunque las condiciones para su crecimiento sean favorables. La regresión de las poblaciones del alga en 2010 en algunas estaciones se relacionaron con los fuertes temporales registrados durante invierno de ese mismo año. En 2011 *C. racemosa* desapareció a principios de otoño no solo en Murcia sino también en Baleares (F. Tomas y E. Álvarez, com. Pers.) y en Alicante (J. Guillén, com. Pers.) y en otras regiones del Mediterráneo Occidental como Cerdeña (J. Bernardeau/J. Ceccereli, com. pers), y la hipótesis más generalizada es que fue debido a un estrés térmico

causado por uno de los 3 otoños más cálidos de las últimas décadas, después del de 1983 y 2006, según AEMET. Aunque realmente no hay ningún dato que lo apoye esta hipótesis.

Lo anterior implica que aunque existe un patrón estacional de crecimiento más o menos definido, las perturbaciones (abióticas en este caso) no permiten visualizar un patrón estacional de abundancia, que puede variar de un año a otro.

Por otro lado, la propia biología del alga, como el tipo de reproducción desarrollado o la existencia de patrones de crecimiento estacionales, puede también jugar un papel determinante en los niveles de biomasa detectados en un momento puntual en una población. Los fenómenos de reproducción sexual en *C. racemosa* han sido descritos en el mediterráneo (Panayotidis y Zuljevic, 2001) y suponen la degradación final del material vegetal implicado una vez expulsados los gametos. Los factores que determinan la aparición de este tipo de reproducción no han sido todavía determinados. Un suceso masivo de reproducción sexual en una determinada población puede por tanto derivar en una reducción drástica de la biomasa de dicha población por la degradación de aquellos estolones que interviene en la producción y liberación de gametos. Esta situación podría estar relacionada con la fuerte regresión observada en la población de Isla Grosa durante la campaña de verano de 2011 (obs. pers). Durante las inmersiones realizadas en esta localidad se pudo observar la aparición de un proceso de reproducción sexual generalizada, que implicaba a la mayor parte de los estolones de la población. Se detectaron estolones tanto en fase de formación de gametos como en la fase de degradación posterior a la expulsión de dichos gametos (Fig 98). Es posible que este evento masivo de reproducción sexual estuviera también relacionado con el estrés térmico comentado anteriormente.

Figura 98. En las fotografías 1, 2 y 3 se observan diferentes frondes de *C. racemosa* procedentes de Isla Grosa durante el proceso de gametogénesis, caracterizada por la despigmentación del estolón donde se está produciendo y la formación de papilas (flechas) por las que se llevara a cabo la expulsión al medio de los gametos. En la fotografía 4 se observan diversos estadios por los que atraviesan los estolones de *C. racemosa* desde que se inicia la formación de los gametos hasta la expulsión de los mismos (de derecha a izquierda). Fot.: JM Sandoval, L Guirao, J Bernardeau y JM Ruiz.



Respecto al patrón de distribución espacial, a lo largo de todo el periodo de estudio es evidente una clara diferencia en las abundancias registradas fuera de la pradera entre las estaciones de Isla Grosa y Cabo Tiñoso y la más profunda de Calblanque. A pesar de la posible influencia de factores locales en el patrón de distribución vertical de la biomasa del alga, estudios recientemente publicados por este equipo de investigación (Bernardeau et al. 2011) han puesto de manifiesto que la reducción en disponibilidad de luz asociada a la profundidad determina cambios en la fisiología de la planta que dan lugar a una reducción en el crecimiento y producción de biomasa algal. Por tanto, la luz puede explicar las diferencias en biomasa algal entre las estaciones más someras (Isla Grosa y Cabo Tiñoso) y la más profunda (Calblanque). En Calblanque, el estudio de la fisiología de la fotosíntesis del alga ha aportado evidencia empírica que indica que la cantidad de luz es limitante para el desarrollo del alga y, por tanto, podría estar limitando su carácter invasor a estas profundidades (Bernardeau et al., 2011), a pesar de las elevadas profundidades a las que el alga ha llegado a ser observada (> 40 m).

7.3.3. Discusión general: interacción entre *C. racemosa* y *P. oceanica*.

Las variaciones temporales de los descriptores de la estructura de la pradera no parecen guardar ninguna relación con la presencia del alga invasora y tan solo reflejan una dinámica natural asociada a las características local y regionales de las praderas de esta zona. Los bajos valores de cobertura de las praderas de El Muellecio y Calblanque no tienen ninguna relación con la presencia del alga invasora, sino con factores locales como el elevado hidrodinamismo en el primer caso y la limitación de luz en el segundo caso.

Resulta especialmente llamativo que el alga no sea capaz de colonizar el interior de la pradera con valores de cobertura tan bajos como los observados en la estación profunda de Calblanque ($< 10\%$), ya en el límite inferior de la pradera. Hay que tener en cuenta que el alga colonizó los fondos de esta estación en 2005 y sin embargo no ha sido incapaz de conseguir penetrar la pradera 6 años después.

Este resultado sugiere que la pradera es especialmente resistente a la colonización por el alga invasora, incluso cuando la estructura de la misma es más laxa y más fragmentada. Esta resistencia solo puede explicarse por la densa cubierta foliar de la pradera. Las hojas forman un denso entramado que llegan a cubrir el sustrato de forma mucho más extensa que la proporción del mismo ocupado por las bases de los rizomas que las sostienen. Según los datos disponibles por el grupo de investigación GEAM-IEO (J. Bernardeau, Tesis Doctoral) el denso entramado de hojas impide la llegada de suficiente luz para la fotosíntesis del alga limitando su



Figura 99. *C. racemosa* en contacto con el límite superior de la pradera de *P. oceanica* en la estación de Isla Grosa. J.M. Sandoval

crecimiento dentro de la pradera. Experimentos en laboratorio realizados por nuestro equipo han obtenido evidencias muy consistentes que apoyan esta hipótesis (Marín-Guirao et al. 2010; J. Bernardeau, Tesis Doctoral). La existencia de este tipo de interacciones ecofisiológicas son mecanismos habituales de las plantas para poder competir con otras especies de crecimiento rápido.

No obstante, hay que tener en cuenta que este tipo de especies oportunistas han desarrollado otros mecanismos para debilitar a su competidor, como es el caso de la producción de metabolitos secundarios de efectos alelopáticos, a los que se debería prestar atención como posibles mecanismos inhibitorios a largo plazo. Algún estudio ha demostrado el efecto negativo de estas sustancias en *C. racemosa* (p.ej. caulerpeninas) sobre la fotosíntesis de otra angiosperma, *Cymodocea nodosa* (Raniello et al., 2007). Este tipo de efectos a medio-largo plazo (3-4 años) han sido propuestos precisamente para una especie del mismo género, *C. taxifolia* en su interacción con la pradera de *P. oceanica*. (Molenaar et al., 2009). Sin embargo, hasta ahora, 8-9 años después de que estas praderas fueran invadidas, no se ha observado alteración alguna de la población de haces, aunque será necesario continuar el estudio a escalas temporales más amplias para alcanzar conclusiones más robustas sobre este aspecto.

8. CONCLUSIONES GENERALES

Aspectos generales del proyecto:

1/ Un año más, el proyecto, en aspectos relativos a la participación así como de divulgación y concienciación ambiental, ha sido un éxito ya que la demanda de participación continua siendo elevada tras 10 años de duración del mismo. De hecho, el número de solicitudes continúa siendo superior al de plazas ofertadas, lo que constata el elevado grado de interés social que despierta y que no se ha visto reducido con el paso de los años. Los objetivos divulgativos, por lo tanto, han sido alcanzados de forma satisfactoria y respaldados por el elevado grado de satisfacción que los participantes han mostrado tras la experiencia.

2/ La experiencia acumulada hasta la fecha ha permitido definir un protocolo de trabajo que compatibiliza aspectos básicos como la seguridad de los buceadores participantes, las tareas de divulgación y la calidad científica de los datos obtenidos por los voluntarios.

Aspectos relativos al estado de las praderas:

1/ Desde el año 2004, el equipo del Grupo de Investigación en Ecología de las Angiospermas Marinas del Centro de Oceanografía de Murcia estudia las praderas de *Posidonia oceanica* de la Región de Murcia. A la escala humana o de un proyecto de este tipo, 10 años nos parece mucho. Pero si tenemos en cuenta la escala temporal de las praderas, que pueden alcanzar milenios, 10 años es muy poco. *P. oceanica* es una especie de crecimiento lento, así que consideramos como 10 años el rango de tiempo mínimo para empezar a determinar su dinámica temporal y tendencias. Como hemos visto en el análisis de los datos, una escala de observación demasiado pequeña puede dar diagnósticos erróneos del estado de las praderas. Es importante

obtener series temporales largas para poder emitir diagnósticos fiables, especialmente cuando se requieren para la toma de decisiones en aspectos concretos de gestión. Podemos decir que nuestras series temporales empiezan a tener un tamaño suficiente para considerar fiables los diagnósticos del estado de las praderas estudiadas.

2/ El empleo de cuadrados permanentes ha permitido comprobar que la dinámica de las series temporales de los descriptores reflejan variaciones temporales reales y que, por tanto, éstas no están influenciadas por otros factores como la heterogeneidad espacial propia de la estructura de las praderas de *P. oceanica*. Es precisamente en las praderas más heterogéneas espacialmente (praderas fragmentadas) en las que los patrones de variación temporal de los cuadrados permanentes no son consistentes con los obtenidos mediante medidas al azar dentro de manchas, probablemente debido a la mayor vulnerabilidad de los bordes de pradera a las perturbaciones (antrópicas y naturales). En este tipo de praderas (límites inferiores, zonas expuestas, etc.) es donde es más necesario el empleo de cuadrados permanentes, además de los descriptores habituales.

3/ Teniendo en cuenta solo las praderas con series temporales de los descriptores entre 7 y 10 años (17 de las 19 que forman la red de seguimiento), 12 casos (70,6%) presentan una dinámica progresiva en mayor o menor grado, 1 caso (5,9%) son estables y 4 (23,5%) están en regresión. De los casos en regresión, 2 son explicados claramente por causas antrópicas (efecto del fondeo no controlado en Cala Cerrada somera y profunda), 1 caso (Isla del Fraile) podría estar relacionado con la influencia de vertidos acuícolas (pero no es posible determinarlo con los datos disponibles) y 1 caso (Cala Escalera-profunda) no se relaciona con ningún tipo de presión antrópica, sino más bien con dinámicas a largo plazo de las praderas relacionadas con perturbaciones extremas poco frecuentes (temporales históricos).

4/ Se recomienda la implantación de acciones de gestión urgentes para controlar el fondeo y el buceo en la pradera de Cala Cerrada, así como en otras zonas de especial interés de conservación (p.e. Isla Grosa) en las que esta actividad es una amenaza potencial para la pradera de *P. oceanica*.

5/ Se recomienda el control de la producción acuícola en la Bahía de Calabardina (Águilas) ya que su proximidad a la pradera de *P. oceanica* podría ser la causa de ciertos síntomas regresivos detectados en la densidad de haces en la estación de Isla del Fraile.

6/ Los síntomas regresivos de la estación Cala Escalera Profunda se atribuyen a fenómenos de perturbación natural al no encontrarse sometida a la influencia de ninguna presión antrópica. La regresión de la cobertura de esta pradera se relaciona con el temporal histórico de 2005; además los efectos de este tipo de temporales son más intensos en zonas más expuestas a la energía hidrodinámica, como los cabos (en este caso Cabo de Palos). Desde 2008 esta tendencia regresiva ha ido revertiendo progresivamente hasta niveles próximos a los valores medios del inicio de la serie temporal, lo que sugiere la posible existencia de ciclos plurianuales (decadales) de regresión-recuperación acoplados a la frecuencia de temporales extremos. Es interesante destacar que si la frecuencia de estos temporales extremos se incrementa, tal y como predicen los modelos de cambio climático global, las praderas de estas zonas expuestas serán las más vulnerables y, por tanto, su seguimiento en el tiempo nos puede advertir de forma temprana de los efectos del cambio global en el ecosistema marino.

7/ En cualquier caso, los resultados obtenidos no apoyan la hipótesis de una regresión generalizada de las praderas de *Posidonia oceanica* en la Región de Murcia, como se ha sugerido desde otros ámbitos científicos (Marbà 2009). En general, se comprueba que las praderas de zonas poco influenciadas por presiones antrópicas mantienen dinámicas con tendencias progresivas o estables, lo cual está de acuerdo con conclusiones de estudios similares realizados en regiones vecinas del SE peninsular como Alicante (González Correa et al. 2007; Guillén et al 2012).

8/ A pesar de la conclusión anterior, la posibilidad de que la estructura de las praderas se vea afectada a largo plazo por el impacto del cambio climático global no debe ser descartada por lo que se debería prestar especial atención, por un lado, a la medición en continuo de factores ambientales clave (temperatura, alcalinidad, hidrodinamismo, etc.) y, por otro lado, al seguimiento continuado de las praderas que están próximas a condiciones ambientales extremas (respectado al rango natural de condiciones ambientales a las que se encuentran adaptadas), como las praderas muy someras susceptibles de recibir la influencia de olas de calor extremo, las praderas profundas próximas a su punto de compensación o las que se encuentran en zonas de energía hidrodinámica especialmente intensa (ej: Cabo Palos y otros Cabos).

Conclusiones relativas al alga invasora *C. racemosa*

1/ En 2013, el alga invasora *C. racemosa* mantiene, e incluso incrementa, su presencia a lo largo de toda la geografía del litoral de la Región de Murcia, aunque su presencia no es homogénea entre sitios y profundidades. Las poblaciones parecen presentar marcadas fluctuaciones en su abundancia, tanto entre años como dentro del mismo (estacionalidad). Los factores que determinan dichas fluctuaciones son todavía desconocidos. En este sentido, y teniendo en cuenta futuros escenarios de cambio global, parece necesario profundizar en el conocimiento de las relaciones que puedan existir entre los factores abióticos y bióticos del medio y el alga

2/ Durante el año 2011 se constató la aparición de un fenómeno de reproducción sexual en la estación de seguimiento de Isla Grosa, aunque se desconoce su éxito, en términos de producción y fijación de gametos.

3/ Por ahora, los estudios realizados en localidades con praderas de *P. oceanica* colonizadas por el alga invasora, confirman la resistencia de este hábitat a ser invadidas por el alga. Durante un periodo de seis años (2007-2013) el alga apenas ha sido capaz de penetrar en el interior de la pradera y de causar la más mínima alteración de su estructura y dinámica poblacional. Investigaciones paralelas llevadas a cabo por el grupo de investigación del IEO indican que el mantenimiento de la cubierta foliar de la pradera actúa a modo de barrera ecológica contra la dispersión del alga limitando la luz para su crecimiento. No obstante, será necesario prolongar el estudio para conocer si la interacción competitiva entre ambos macrófitos cambia en algún sentido a largo plazo.

4/ En relación al punto anterior, la conservación de las praderas de *P. oceanica* y el mantenimiento de su estructura es fundamental para mantener la resiliencia de nuestros ecosistemas marinos frente a la dispersión de las algas invasoras y sus efectos letales sobre las

comunidades nativas. Es decir, es necesario evitar los impactos directos e indirectos sobre las praderas, especialmente aquellos que causen una alteración de su estructura.

9. Referencias bibliográficas

- Alcoverro, T., C.M. Duarte and J. Romero. 1995. Annual growth dynamics of *Posidonia oceanica*: contribution of large-scale versus local factors to seasonality. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 120: 203-210.
- González-Correa JM, J Bayle, JL Sánchez-Lizaso, C Valle, P Sánchez-Jeréz, JM Ruiz. 2005. Recovery of deep *Posidonia oceanica* meadows degraded by trawling. *J Exp Mar Biol Ecol* 320: 65-76.
- González-Correa JM, JT BayleSempere, P Sánchez-Jeréz, C Valle. 2007. *Posidonia oceanica* Meadows are not declining globally. Analysis of population dynamics in marine protected areas of the Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 336: 111-119.
- Guillén, JE, JL Sánchez Lizaso, S Jiménez, J Martínez, A Codina, M Montero, A Triviño, G Soler, JJ Zubcoff. 2013. Evolution of *Posidonia oceanica* seagrass meadows and its implications for management. *Journal of Sea Research*.
- Marbà, N., C.M. Duarte, J. Cebrián, M.E. Gallegos, B. Olesen y K. Sand Jensen. 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline. *Marine Ecology Progress Series* 137: 203-213.
- Marbà, N., C.M. Duarte, E. Díaz Almela, J. Terrados, E. Álvarez, R. Martínez, R. Santiago et al. 2005. Direct evidence of imbalanced seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot population dynamics along the Spanish Mediterranean. *Estuaries* 28: 51-60.
- Marbà, N. 2009. Loss of seagrass meadows from the Spanish coast: results of the praderas project. En: Duarte, C.M. (Ed.) *Global loss of coastal habitats: rates, causes and consequences*. Fundación BBVA, Bilbao, España: 59-88 pp.
- RA/SPA. 2012. Issue 2, www.rac-spa.org.
- Ruiz JM, M Pérez, J Romero. 2001. Effects of fish farm loading on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin* 42: 749-760.
- Ruiz JM, J Romero. 2001. Effects of *in situ* experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series* 215: 107-120.
- Ruiz JM, C Marco Méndez and JL Sánchez Lizaso. 2009. Remote influence of off-shore fish farm waste on Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Environmental Research* 69: 118-126.
- Bernardeau-Esteller J, Marín-Guirao L, Sandoval-Gil JM, Ruiz JM (2011) Photosynthesis and daily metabolic carbon balance of the invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Chlorophyta: Caulerpales) along a depth gradient. *Scientia Marina* 75(4): 803-810.
- Marín Guirao L, Bernardeau Esteller J, Sandoval Gil JM, Huette Stauffer T, García Muñoz R, Ruiz JM. Resistance of *Posidonia oceanica* meadows to the invasion of the introduced alga

Caulerpa racemosa: the role of Light. XVI Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Septiembre 2010. Alicante.

Klein J, Verlaque M (2008) The *Caulerpa racemosa* invasion: A critical review. Marine Pollution Bulletin 56: 205-225

Molenaar H, Meinesz A, Thibaut T (2009) Alterations of the structure of *Posidonia oceanica* beds due to the introduced alga *Caulerpa taxifolia*. Scientia Marina 73(2): 329-335

Panayotidis P, Žuljević A (2001) Sexual reproduction of the invasive green alga *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* in the Mediterranean Sea. Oceanologia acta 24: 109-203

Raniello R, Mollo E, Lorenti M, Gavagnin M, Buia MC (2007) Phytotoxic activity of caulerpenyne from the Mediterranean invasive variety of *Caulerpa racemosa*: a potential allelochemical (2007). Biological Invasions 9: 361-368

Ruiz JM, Marín-Guirao L, Bernardeau-Esteller J, Ramos-Segura A, García-Muñoz R, Sandoval-Gil JM (2011) Spread of the invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) along the Mediterranean coast of the Murcia region (SE Spain). Animal Biodiversity and Conservation 34(1) :73-82

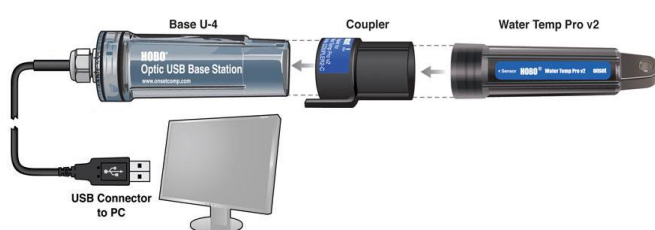
Díaz-Almela E., Marbá N., Álvarez E., Balestri E., Ruiz-Fernandez J.M., Duarte C.M. 2006. Patterns in seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering in the Western Mediterranean. Marine Biology, 148, 732-742.

Díaz-Almela E., Marbá N., Duarte C.M.. 2007. Consequences of Mediterranean warming events in seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering records. 2007. Global Change Biology, 13, 224-235.

Borum J., Greve T.M. 2004. The four seagrass species. In: *European Seagrasses: an introduction to monitoring and management*. Borum, Duarte, Krause-Jensen y Greve Eds. Publ. UE.

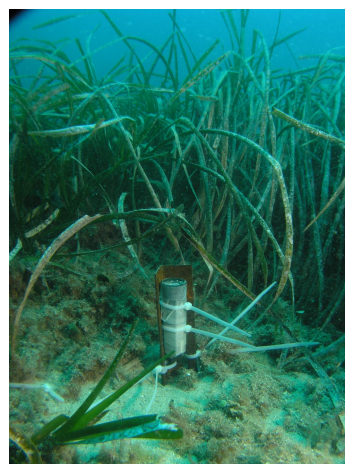
ANEXO I. Red local de sensores sumergibles de temperatura

En 2011 se inició la instalación de una red local de sensores sumergibles para el registro en continuo de la temperatura del agua. Los sensores empleados son los HOBO Water Temp Pro v2, programados para la toma de datos cada 30 minutos. Tienen una autonomía de hasta 1 año, pero suelen recogerse con una periodicidad menor (5-6 meses) para evitar pérdidas y poder actualizar las series temporales de temperatura.

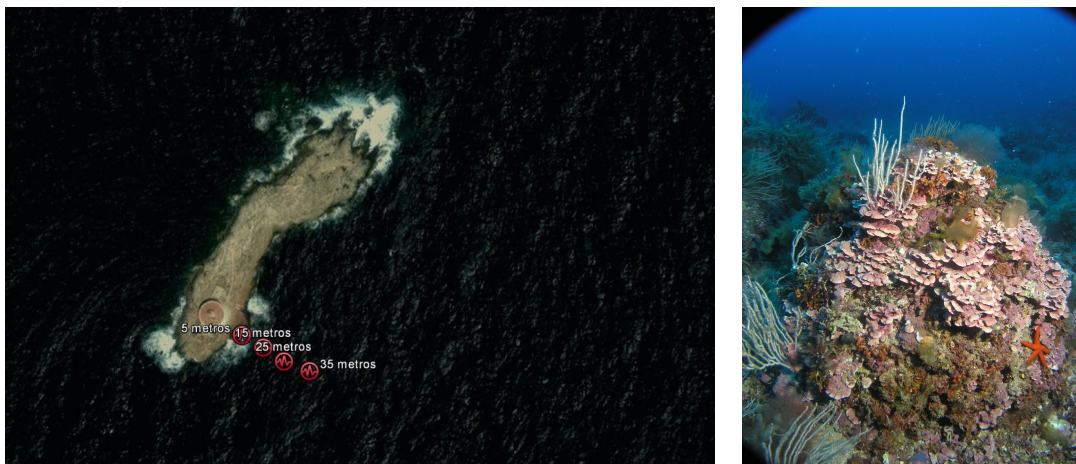


Se han instalado un total de 8 sensores, 4 en Isla Grosa y 4 en Isla Hormiga (RM Cabo Palos-Is. Hormigas). En cada sitio los sensores se encuentran fondeados a 5, 15, 25 y 35 metros de profundidad, de forma que puedan caracterizarse las anomalías térmicas no solo en el tiempo, sino también en la estratificación de la columna del agua.

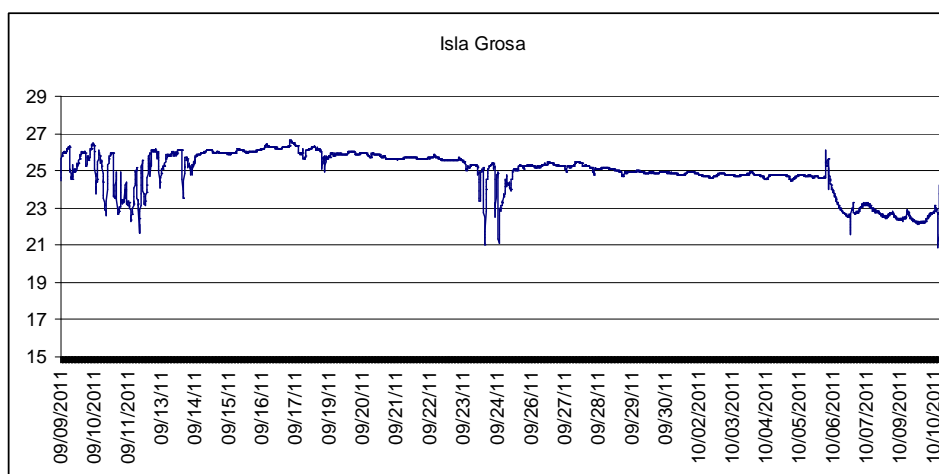
En la siguiente imagen se muestra la localización de los sensores en Isla Grosa. A la derecha, una imagen del sensor fondeado a 25 m en Isla Grosa.



En la siguiente imagen se muestra la localización de los sensores en Isla Hormiga. A la derecha, una imagen del lugar de fondeo a 35 m.

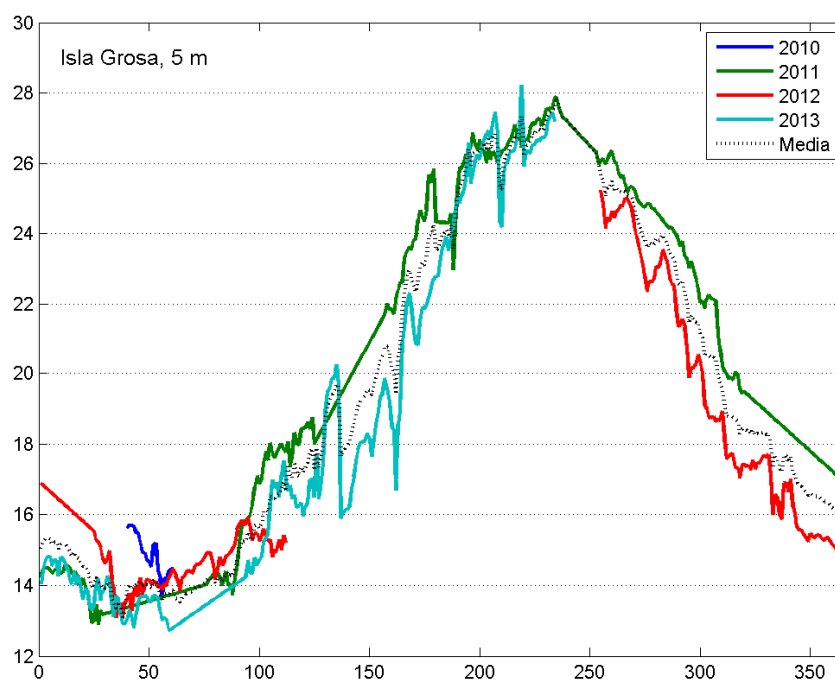


Los sensores son recuperados por buceadores cada 4-6 meses y reemplazados por sensores nuevos en el mismo momento. En el laboratorio los sensores son limpiados y los datos volcados al PC mediante el interface óptico Base U4. En la siguiente gráfica se muestra un ejemplo de registro de temperatura obtenido en Isla Grosa.

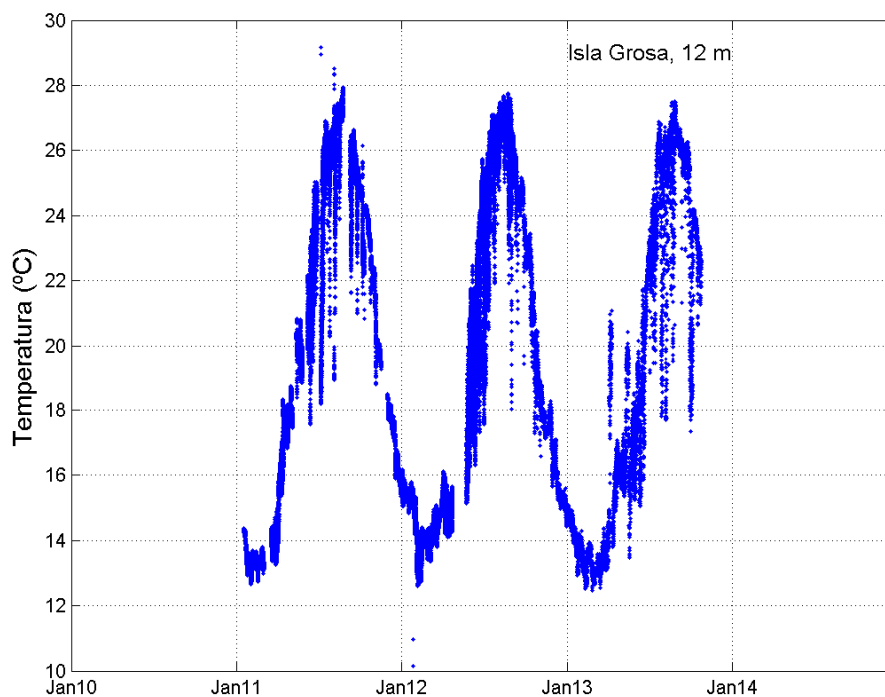


Los datos acumulados para cada sitio y profundidad son añadidos a los ya existentes para reconstruir los ciclos anuales de temperatura en cada caso y para la representación 2D de la variación temporal en toda la columna de agua. El tratamiento de datos y su representación gráfica se realiza mediante un script de MATLAB elaborado *ad hoc* para este proyecto. En las siguientes gráficas se muestran algunos de los resultados que se están obteniendo.

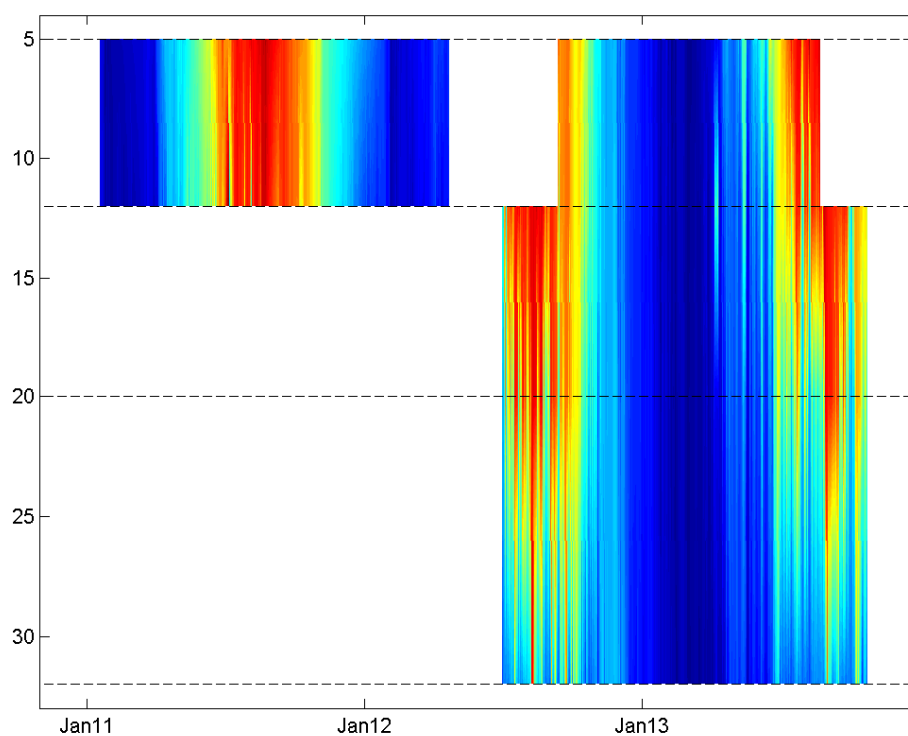
ciclos anuales:



serie temporal completa de Isla Grosa a 12 m:



Evolución temporal en la columna de agua. Los calores más cálidos representan las temperaturas más altas, de forma que se aprecia perfectamente la formación de la termoclina en la época estival. Resulta interesante comprobar cómo el agua cálida superficial alcanza la profundidad de 30 metros (límite inferior de la pradera de Isla Grosa) con cierta frecuencia en verano.



ANEXO II. Difusión

Publicaciones

Ruiz JM, Marín-Guirao L, Bernardeau-Esteller J, Ramos-Segura A, García-Muñoz R y Sandoval-Gil JM. 2011. Spread of the Invasive Alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) Along the Mediterranean Coast of the Murcia Region (SE Spain). *Animal Biodiversity and Conservation*, 34:73-82.

Bernardeau Esteller J, Marin-Guirao L, Sandoval-Gil JM y Ruiz JM. 2011. Photosynthesis and metabolic carbon balance of the invasive *Caulerpa racemosa* var *cylindracea* (Chlorophyta, Caulerpales) along a depth gradient. *Scientia Marina*, 75:803-810.

Marín-Guirao L, Bernardeau-Esteller J, Sandoval-Gil JM y Ruiz JM. Resistance of *Posidonia oceanica* Meadows to the invasion of the introduced *Caulerpa racemosa*: the role of Light. *Biological Invasions*, en revision.

Jaime Bernardeau, Juan Manuel-Ruiz, Jose Miguel Sandoval-Gil, Lázaro Marín-Guirao.
Comunicación oral "Efectos De Algas Invasoras Sobre La Diversidad Y Estabilidad De Praderas De Fanerógamas Marinas". Jornadas técnicas sobre "Las praderas marinas en el litoral español: Conservación, Uso y Gestión". Octubre 2013.

Otros eventos de difusión

POSIMED II

Durante los días 19 y 20 de octubre de 2011 se celebró en el Museo Nacional de Arqueología Subacuática (ARQUA) de Cartagena las Jornadas POSIMED II organizadas por el Grupo de Investigación de Angiospermas Marinas (GEAM) dirigido por el Dr. Juanma Ruiz investigador Titular del Centro Oceanográfico de Murcia (IEO) y responsable de la Red de Seguimiento de las praderas de *Posidonia oceanica* en la Región de Murcia. Las jornadas contaron la presencia del Director del Instituto de Ecología Litoral, el Subdirector del IEO, representante de la Fundación Biodiversidad, responsables de las redes de seguimiento de Posidonia de Baleares, Comunidad Valenciana y de Andalucía, el responsable del Parque Nacional de Chafarinas, el director del ARQUA y representantes de las Comunidades Autónomas que financian las Redes de Posidonia así como del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Marino y Rural. En la primera jornada de dicho encuentro se realizaron ponencias acerca del estado y la evolución de las praderas de Posidonia de la Región de Murcia, Comunidad Valenciana, Illes Balears, Cataluña, Andalucía y de las Chafarinas. Durante la segunda jornada se expuso el papel de dichas redes de seguimiento en las actuales políticas de conservación y



gestión del ecosistema marino costero entre otros temas entre los que se incluyen la solicitud de un proyecto LIFE Posidonia Levante. Estas jornadas se encuadran dentro del proyecto POSIMED que nace para cubrir las necesidades de coordinación y colaboración de las distintas Redes de Posidonia con el fin de favorecer la colaboración y el intercambio de experiencias entre dichas redes autonómicas.

Figura 1. Fotografía de asistentes y participantes de las Jornadas de POSIMED II realizadas en el Museo Nacional de Arqueología Subacuática de Cartagena.

Difusión a través de Internet.

Facebook

De forma regular a lo largo del año se han ido actualizando y añadiendo informaciones relacionadas con las salidas, la organización de los grupos de voluntarios y otras informaciones relevantes para el presente proyecto en la página de Facebook del equipo de investigación:



Geam Grupo Ecología

Encyclopedia of life (EOL)

El equipo de investigación ha participado en la creación audiovisual incluida en la página de la *Encyclopedia of life* relativa a la especie invasora *Caulerpa racemosa*, donde se reflejan y da difusión a los resultados obtenidos por medio del presente proyecto y relativos a la aparición y expansión de esta especie invasora en aguas del Mediterráneo occidental y de la Región de Murcia. Se puede acceder a dichos medios audiovisuales por a través de los siguientes links:



http://education.eol.org/sites/default/files/EOL_Sea_Grapes_Tour.kmz

ANEXO III. Listado de buceadores voluntarios participantes 2013

Adriana Gimeno Catalán
Alberto Sanz Revuelta
Alberto Carrasco San Martin
Alfonso Gil de Gea Fernandez
Ana Escolano Molto
Angel Pinar Martinez
Angel Pina Lopez
Angel Cuelliga Gonzalez
Antonio Gil Megas
Antonio Medina (marsopa)
Antonio Javier Mira Gil
Aurora Valero Imbernon
Basi Hernandez
Begoña Bas Macias
Carlos Ruiz Galindo
Carlos Pastor Martinez
Carlos Vicente Romero
Concha Mosquera
Consuelo Rubio Ortiz
CORMORAN Fernandez)
Cristina Gonzalez andres
Cristobal Torres Perez
David Celdran
Edward Benson
Eleuterio Abellan Gallardo
Encarna
Fernin Guelbenzu Echeverria
Francisco Bonaque Beltran
Francisco Vera Garcia
Francisco Molina Zanon
Francisco Esteban Garcia
Francisco
Javier De Paco Gomez
Gines Torres Cruz
Gines Ibañez
Ignacio Español Morales
Ignacio Tordable Barrio
Isidro Sánchez Egea
Ines Martin Perdomo
Jacinto Martinez Rodenas
Jaume Izquierdo Jorda
Jandro
Javier Hernández Espinosa
Jesus Antonio Arenas Fuentes
Jorge Garcia Gomez
José Sánchez Ferrer
Jose Lorca Hernandez
José Domingo Donate Martínez
Jose Caselle Sanchez
Jose Alonso Huertas Belchi
Jose Antonio Vidal Martinez

Jose Antonio	Garcia Perez
Jose Carlos	Gonazalez Miro
Jose Gines	Ros Morales
Jose Ivan	Martinez
Jose Joaquin	Lopez Hernandez
Jose Juan	Eulogio Ruiz
Jose Luis	Villaescusa Gallego
Juan	Jimenez
Juan Carlos	Valdes-Albistur Hellin
Juan Jose	Mulero Carrion
Juan Luis	(marsopa)
Juan Pedro	Iglesias Viudes
Juan Salvador	Perez Saez
Julian	Ruano
Luis	Alté Garcia-Olias
Lucia	Gonzalez Garcia
Lucia	Barcena Benosa
M ^a Angeles	Conesa Arnaldos
M ^a Teresa	Galindo Contreras
M ^a Victoria	Garre Navarro
Macarena	Dobarro Espinosa
Manolo	Gonzalez Diaz
Mara	Gomez Geras
M ^a del Mar	Sánchez Huertas
Maria	Marti Galvez
Maria	Bolea Albaladejo
Mario	Donate Martínez
Mariano	Navarro Handal
Merche	Sanz Romero
nico	Martinez Montalban
Olga	
Oscar	Sanchez Hernandez
Pablo	Lizón Ramón-Borja
Pablo	Alarcon Sabater
Pablo	Rodriguez Cerezo
Patricia	Carrasco Jimenez
Patricia	Gonzalez Gutierrez
Pencho	Tarraga Lopez
Pilar	Diaz Sanchez
Rafael	Romero Romero
Raquel M ^a	Padial del Rey
Raul	de la Fuente
Rebeca	Jaime Domingo
Roberto	Sotillo
Rosario	Linares Garcia
Sergio	Trujillo dominguez
Sofia	Lorenz Fonfria
Sofia	Rychlik
Victor	
Violeta	Figuroa Lacarcel
Violeta	
Virginia	Lopez Balsalobre
Yolanda	Fernandez Torquemada

ANEXO IV. Dossier fotográfico

